الجزء الثانى

شُعب الفطريات

FUNGAL PHYLA

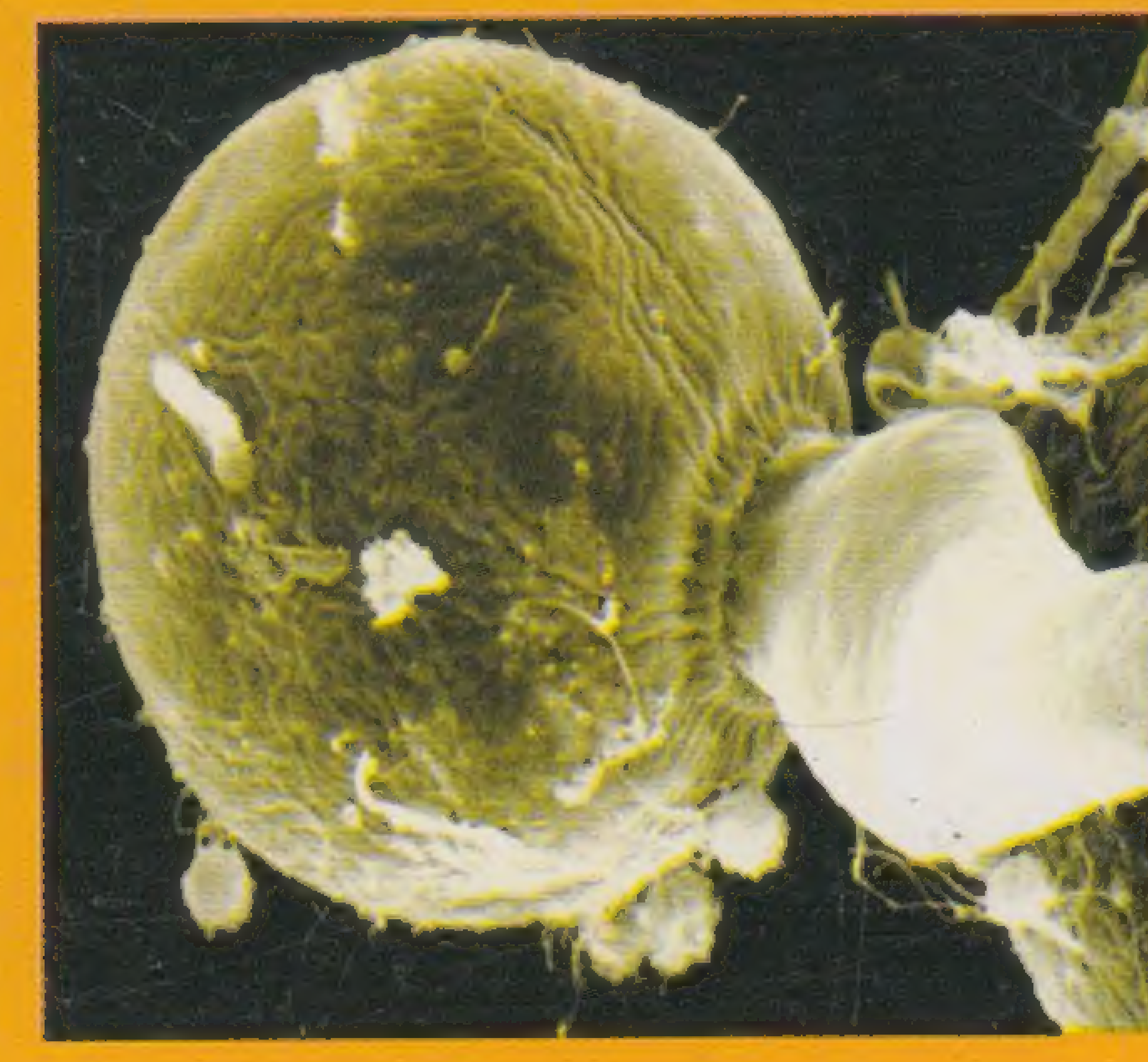
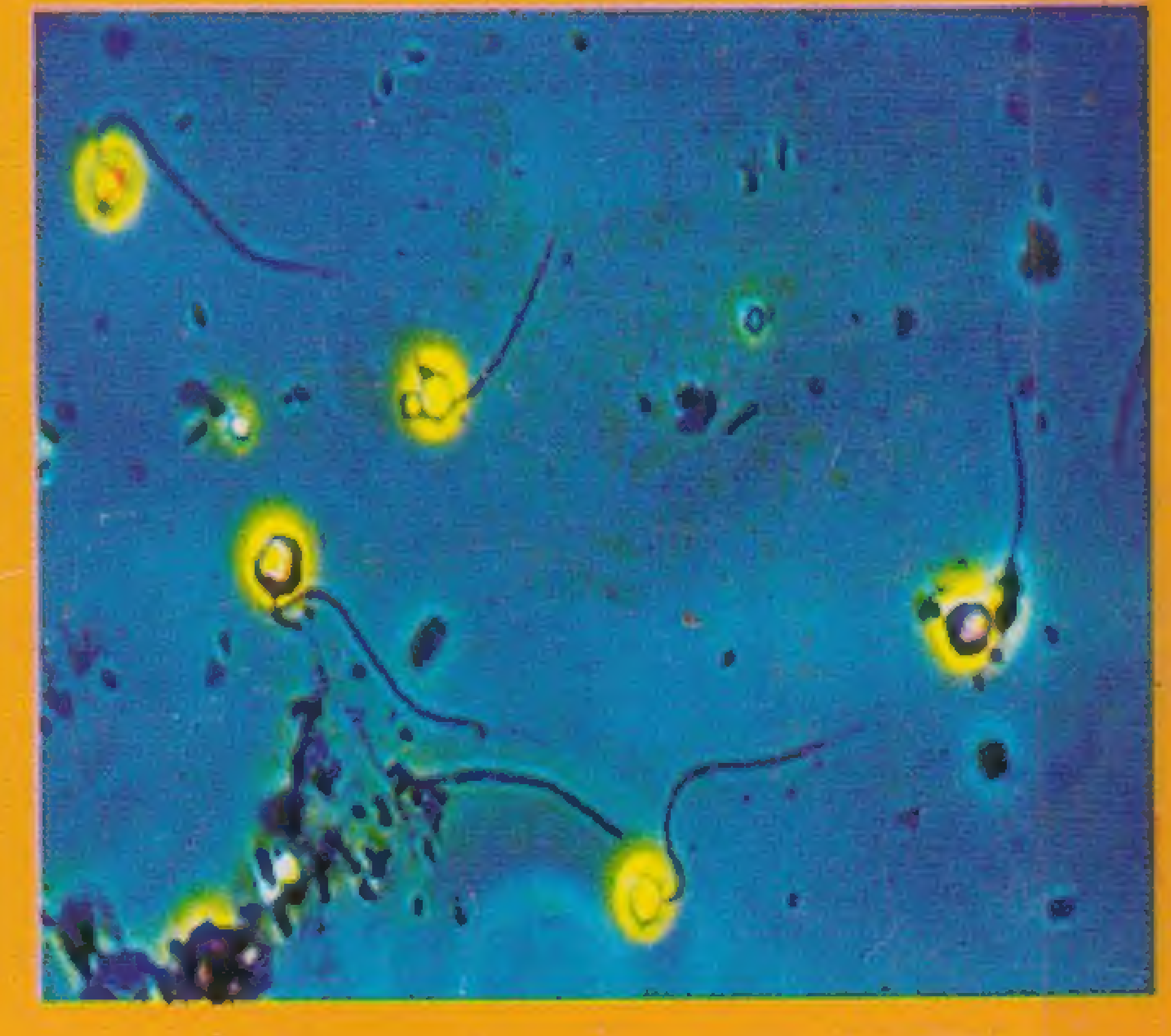
الأستاذ الدكتور

مصطفى حلمى مصطفى







مكتبة أوزيريس

شُعب الفطريات

FUNGAL PHYLA

الجزء الثاني

ميكروسبوريديوميكوتا

كيتريديوميكوتا

زيجوميكوتا

جلوميروميكوتا

الأستاذ الدكتور

مصطفى حلمي مصطفى

أستاذ أمراض النبات وفسيولوجيا التطفل

كلية الزراعة – جامعة عين شمس

2009

مكتبة أوزيريس

٥٠ ش قصر النيل – القاهرة

بطاقة فهرسة

فهرسة أثناء النشر إعداد الهيئة المصرية العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية.

مصطفى، مصطفى حلمي
شُعب الفطريات (الجزء الثاني) – ط ١

القاهرة: مكتبة أوزيريس 2008
رقم الإيداع بدار الكتب: 2008/14442
الترقيم الدولي: 9-96-5189-977

تجميع الكمبيوتر وتصميم الغلاف/ عمرو محمد حنفي

١- الفطريات

أ- العنوان ديوي: ٥٨٩,٢

مكتبة أوزيريس

٥٠ ش قصر النيل – القاهرة

تليفون/ 23911489 – 23961903

E-mail: osiris@menanet.net

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(سُبْحَانَ الَّذِي خَلَقَ الْأَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا
تُنْبِتُ الْأَرْضُ وَمِنْ أَنْفُسِهِمْ
وَمِمَّا لا يَعْلَمُونَ)

(يس: ٣٦)

إهداء

إلى روح أساتذتي..... طيب الله ثراهم .....وجعل الجنة مثواهم

فقد تتلمذت على أيديهم فتعلمت منهم وكانوا بحق نعم القدوة علماً وخلقاً.



الأستاذ الدكتور
ولي الدين عبد القادر عاشور
(١٩٢٢–٢٠٠٢)



الأستاذ الدكتور
عبد الرحمن سري مصطفى
(١٩٢٣–١٩٨٤)



الأستاذ الدكتور
محمد فوزي حجازي
(١٩٣٧–٢٠٠٠)



الأستاذ الدكتور
محمد محمود الزيات
(١٩٤٠–٢٠٠٤)

شكر وتقدير

أتشرف بتقديم موفور شكري وعظيم امتناني
للأستاذ الدكتور

إبراهيم صادق عليوة

أستاذ الفطر وأمراض النبات - كلية الزراعة جامعة عين شمس

لمراجعته العلمية الدقيقة لكل ما جاء في هذا الجزء من الكتاب. فلقد كان لتوجيهاته ونصائحه السديدة أبلغ الأثر في إصدار هذا الكتاب بهذه الصورة.

أ.د/ مصطفى حلمي

الفهرس

مقدمـــة

ها قد وصلنا بحمد الله وتوفيقه للجزء الثاني من كتـاب "شُعب الفطريـات" وهـو يضـم بين دفتيه تلك الشعب التي كانت توضع سلفاً فيما يسمى بفطريات المدمج الخلـوي، وهـي تلك الفطريات التي لا توجد جدر عرضية تقسم هيفاتها إلى خلايا. هذه الشـعب هـي شعبة الميكروسبوريدات وشعبة الكيتريدتوميكوتا وشعبة الزيجوميكوتا وشعبة الجلوميروميكوتا.

قد يستغرب القارئ من وجـود شعبتي الميكروسـبوريدات والجلوميروميكوتـا كشـعب منفصلة في هذا الجزء. ولقد انتهجنا في هـذا الجـزء وضـع أحـدث النظم التقسـيمية لشـعب الفطريـات طبقـاً لمـا توصـلت إليـه أحـدث الدراسـات الجزيئيـة، حيـث ثبـت أن الميكروسبوريدات -والتي كانـت توضـع سـابقاً في مملكـة الطلائعيـات- أنهـا وثيقـة الصلـة بالفطريات الحقيقية طبقاً لدراسة تتابعات الجينات ألفا وبيتا وجاما تيوبيولين كما تم فصـل الفطريات الجلومورية من شعبة الفطريات الزيجية لكونها مجموعـة إيكولوجيـة خاصـة وأن نتائج دراسة تتابعات SSU rDNA و LSU rDNA أثبتـت أن هـذه الفطريـات بعيـدة عـن الزيجات وأنها وحيدة السلف.

إنني أسجد لله شكراً على إتمام هـذا الجـزء بـالرغم مـن المعانـاة المستمرة مـن مشـاكل شرايين القلب التاجية. وإنني أتوجه بموفور وشكري وعظيم إمتنـاني -بعـد الحـق سـبحانه وتعالى- للأستاذ الدكتور **سامح محمد شاهين** أستاذ القلب والأوعيـة الدمويـة بكليـة الطـب جامعة عين شمس وفريقه الطبي المعاون على تلك القسطرة البارعة التي أجراها لـي لتوسـيع ما إنغلق من الشـرايين، كمـا أتوجـه بشـكري لقسـم رعايـة القلـب بمستشـفى عـين شمـس التخصصي على جميل رعايتهم لي.

كما أنني لن أنسى ذلك الجميل الذي قدمته إليّ كل من كريمتيّ مروة ومنار، حيث قامت الأولى بإعادة كتابة وصياغة مواضيع الكتاب من بين مئات الأوراق والمخطوطات اليدوية، وقامت الثانية على إعادة توضيح الكثير من رسومات الخط الواحد، ولزوجتي التي شجعتهما على هذا العمل، فلهم جميعاً مني عظيم شكري وامتناني.

كما أنني لا أنسى مجهود الأستاذ عمرو محمد حنفي على كتابة وتنسيق أبواب هذا الكتاب والمراجعة وإعادة التصويب وتصميم الغلاف فله مني خالص الشكر.

وفي النهاية، فإنني أقدم خالص شكري للأستاذ علي إبراهيم علي صاحب ومدير مكتبة أوزيريس للكتب العلمية على نشره لهذا الكتاب.

والله وليّ التوفيق،،،

المؤلف

أ.د/ مصطفى حلمي مصطفى

مملكـــة الفطريـــات

The Kingdom Fungi

٤-١ Incertae sedis

٤-١-١ شعبة الميكروسبوريديات

Phylum Microsporidiomycota

٤-٢ تحت مملكة ماستيجوميكوتينا

Subkingdom Mastigomycotina

٤-٢-١ شعبة الكتيريديوميكوتا

Phylum Chytridiomycota

٤-٣ تحت مملكة الثالوميكوتينا

Subkingdom Thallomycotina

٤-٣-١ شعبة الزيجوميكوتا

Phylum Zygomycota

٤-٣-٢ شعبة الجلوميروميكوتا

Phylum Glomeromycota

٤-٣-٣ شعبة الأسكوميكوتا

Phylum Ascomycota

٤-٣-٤ شعبة البازيديوميكوتا

Phylum Basidiomycota

الأشنــة

Lichens

مملكـــة الفطريـــات

KINGDOM FUNGI

- ٤-١ مملكـــة الفطريـــات
The Kingdom Fungi - Incertae sedis

- ٤-٢ تحت مملكة ماستيجوميكوتينا
Subkingdom Mastigomycotina

- ٤-٣ تحت مملكة الثالوميكوتينا
Subkingdom Thallomycotina



مملكـــة الفطريـــات

Kingdom Fungi

٤-أ. الإتجاهـات الحديثـة في تقسـيم حقيقيـات النـواة وموقـع الفطريات فيها:

تختلف حقيقيات النواة إختلافاً بينيـاً عـن أوليـات النـواة (البكتريـا)، مـن حيـث أن للأولى غشاء داخلي يحيط بعضياتها الداخلية (ومنها النواة، وهـو التركيـب الأساسـي المميـز لحقيقيات النواة) بالإضافة لوجود هيكل سيتوبلازمي أنيبيبي وريبوسومات.

أوضح Roger (١٩٩٩) الخواص المميـزة لخلايـا حقيقيـات النـواة (أو الـتي قـد يكـون بعضها قد فُقد خلال المراحـل التطوريـة). والتراكيـب الخلويـة هـي: وجـود النـواة وثقـوب أغشية النواة والشبكة البلازمية الداخلية والتركيب اللويفي للسوط (٩ + ٢) والمغزل الميتوزي والفجويات الحامضية وجهاز جولجي وخطيـة الكروموسـومات. أمـا فيمـا يتعلـق بالتركيـب فائق الدقـة للعضـيات وفسيولوجيتها فيشـتمل علـى الانقسـام الميتـوزي والميـوزي الجنسـي والأندوسيتوزيس والتكافل الداخلي endosymbiosis والتنفس الميتوكوندري. أمـا مـا يتعلـق بالجينات / البروتينات فيشتمل على ألفا وبيتا – تيوبيولين والأكـتين والـداينينس dyneins والسـنترين centrin وألفـا – أكـتين وثريوميوسـين والميوسـين و kinesins و annexins و RNA polymerase I, II, III وألفـا ودلتـا وأبسـيلون DNA و Bis/cytosolic/hsp 70 وشـابيرون beta, epsilon, and nu Tcp-1 و CDC 2/28 و PRP 8 والكـالموديولين

ويوبيكويتين والهستوانات H_3 , H_4 و eukaryotic telomeres.

تعد مقارنة مجموعة البكتريا مع مجموعة حقيقيات النواة أمراً شديد الصعوبة إلا أنه يمكن القول أن خلية حقيقيات النواة ذات تراكيب تكاملية الوظائف وأنها قد تطورت عبر مسارات لادروينية، ويعتقد أن خلايا حقيقيات النواة قد نشأت من سلف يشبه Archaea إلى Eukarya (Eukaryota) وقد وضعت العديد من النظريات التي تحاول تفسير هذا الانتقال.

من أهم النظريات التي وضعت في هذا الشأن هي نظرية التكافل الداخلي المتتالي Serial Endosymbiosis Theory (SET) والتي وضعها Taylor عام ١٩٧٤م. يفترض في هذه النظرية أن حقيقيات النواة قد اشتقت بسرعة نسبية من سلف بكتيري امتزجت مع بعضها في وحدات تكافلية وأن DNA المتلازم تحول إلى كروموسومات خطية داخل غشاء داخلي يحيط بالكروموسومات، أما العضيات مثل الميتوكوندريون فأصله alpha proteobacterium الكلوروبلاستيدات من Cytanobacterium وقد احتفظت هذه الكائنات داخل الخلية بذاتيتها كبكتريا. أما أصل منشأ بقية العضيات الأخرى في خلية حقيقيات النواة فهي مشكلة شديدة التعقيد.

أضافت Margulis عام ١٩٩٠م لنظرية SET محاولة تفسير أصل الأسواط، وقد افترضت أن ذلك قد حدث عن طريق تكامل Spirochaete (Spirochaete هي مجموعة خاصة من البكتريا ذات خلية طويلة حلزونية وتتميز بوجود سوط بين غشاء الخلية وجدارها ويسمى axial filament وهو يسبب الحركة الراقصة للخلية، أغلب هذه البكتريات حر المعيشة وبعضها ممرض مثل *Treponema pallidum* المسبب لمرض syphilis (الزهري)) حيث أدى مثل هذا التكافل لظهور الأجسام القاعدية، ولا تزال هذه الإضافة على نظرية SET شديدة الجدال. إلا أن الأصل الذي نشأت منه حقيقيات النواة

فيصعب إقراره من حقيقيات النواة الحالية.

وضع Cavalier – Smith عام ١٩٨٣م نظرية أخرى تحاول تفسير ظهور حقيقيات النواة، أطلق عليها الفرض الأركيوزي Archaezoa hypothesis، حيث افترض أن حقيقيات النواة قد نشأت من بكتريا أركية archeal bacterium وذلك عن طريق تعقيد الهيكل السيتوبلازمي وتطوير نظام غشائي داخلي والذي اشتمل على تكوين النواة. وهكذا فإن الصورة الأصلية للفرض الأركيوزي ترى أن Microsporidia و Metamonada و Parabasalia و Archamoebae هي امتداد لأفراد أركيوزية (شكل ٤-أ-١).

شكل (٤–أ–١): تعديل لنظرية الأركيوزوا التي وضعها Cavalier – Smith والتي وضعها Roger (1999).
وطبقاً لهذه النظرية فإن جميع حقيقيات النواة قد اشتقت من سلف ميتوكوندري.

تطورت النظرية عن طريق ظهور عدة خيوط تأكيدية، وأهم ما يلاحظ هو مواقع Taxa القاعدية وكذا مواقع التفريع التي حدثت في تلك اللاميتوكوريات المتحركة مثل *Giardia* وذلك على الشجرة الفيللوجينية.

صدرت العديد من الدراسات التي أجراها Cavalier – Smith إعتباراً من الأعوام ١٩٨٣ حتى ١٩٩٩م. والتي أكدت على أن حقيقيات النواة قد انبثقت عبر الخطوط الميتوكوندرية والتي ظهرت من سلف أركيوزي قبل ميتوكوندري (شكل ٤–أ–٢).



شكل (٤-أ-٢): مخطط للشجرة الفيللوجينية طبقاً لـ Gray et al (1998) استناداً لتتبعات mtDNA. قارن Taylor (1999) هذا المخطط مع الأشجار الفيللو جينية استناداً للتراكيب فائقة الدقة، قد ذكر أن ذلك يؤكد الطبيعة وحيدة السلف لطرز الميتوكوندريا في حقيقيات النواة.

في عام ١٩٩٩م كتب Roger ما يمكن أن يطلق عليه تأريخ طريـف للفـرض الأركيـوزي وقد انتهى لبعض الإستنتاجات التي أدت لإنهيار النظرية الأركيوزية، وقـد وضـع keeling عام ٢٠٠٢م نهاية الفرض الأركيوزي.

أكد Taylor عام ١٩٩٩م على أن حقائق الأشجار الفيللوجينية الجزئية يجب أن تدعم بالدلائل الشكلية. وقد أيد فرض Gray et al (١٩٩٨) حيث يرى أن حقيقيات النواة تمايزت إلى ثلاث خطوط عظيمة للنشوء الميتوكوندري (كما تم تعريفها من دراسة mtDNA (انظر شكل ٤-أ-٢))، وقد أوضح Taylor كيف أن فرض Gray et al قد دعم بالدلائل الخاصة بالتراكيب فائقة الدقة ultrastructural evidence (شكل ٤-أ-٣).

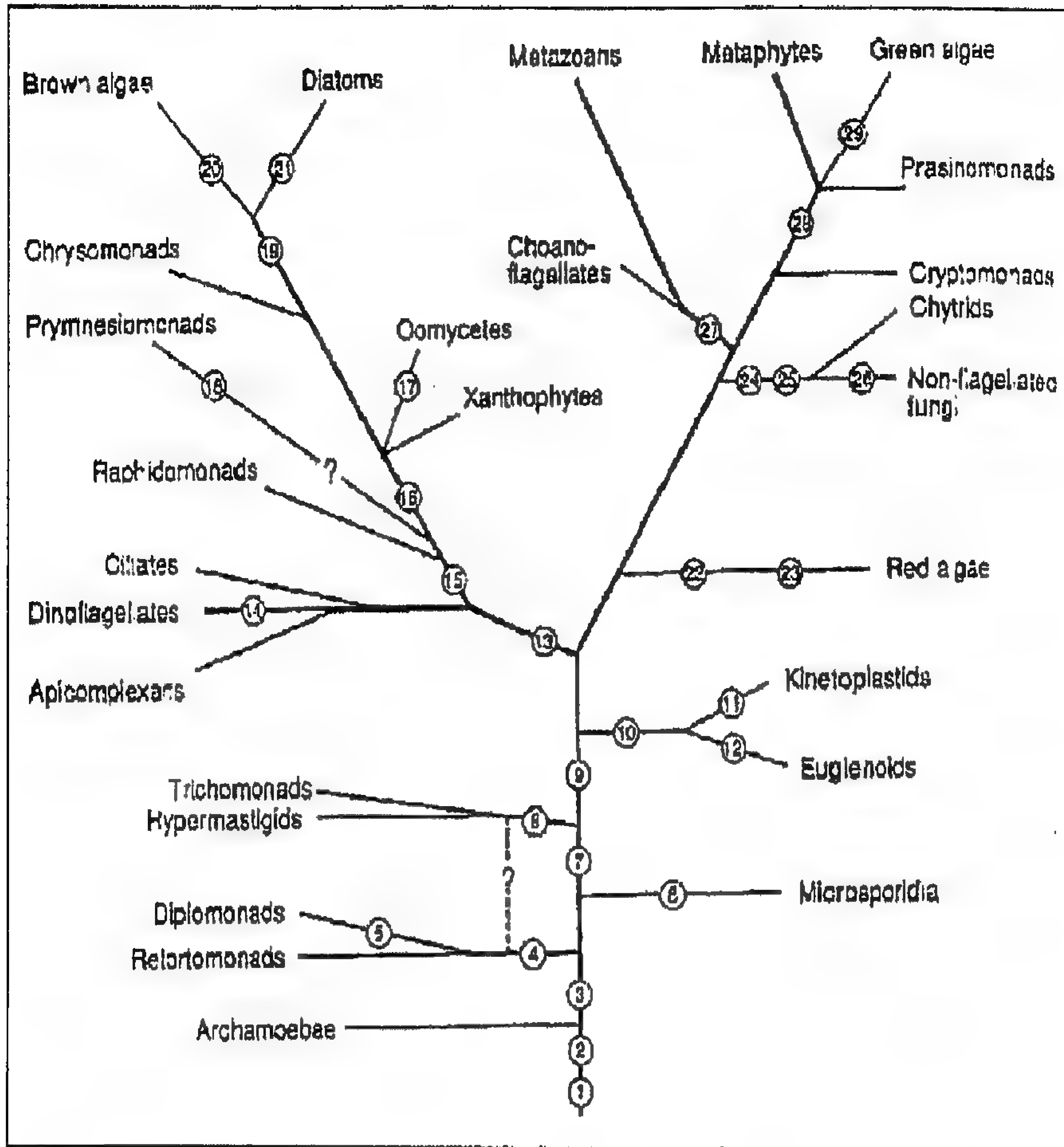
وقد افترض أن التكافل الميتوكوندري كان أحد أهم الخطوات الأساسية في ظهور خطوط حقيقيات النواة والتي تميزت بالميتوكوندريا ذات الأعراف القرصية وذات الأعراف المفلطحة وذات الأعراف الأنبوبية.

يعد هذا الرأي بسيط الجمال وبساطته تدعوا لتصديقه، إلا أن نظرية الميتوكوندريا وحيدة السلف لا تتناسب مع تباين الميتوكوندريا في الخطوط متعددة الخلايا، فمثلاً metazoans لها أعراف ميتوكوندرية أنبوبية ومفلطحة وذلك طبقاً للنسيج المتواجدة فيه، فكيف يمكن لذلك أن يتفق مع نظرية Gray et al (١٩٩٨).

إن وضع حقيقيات النواة في المستويات التقسيمية العالية (وعلى الأخص على مستوى الممالك) تعكس مختلف التغييرات التي حدثت في الشجرة الفيللوجينية.

من المعروف أن Whittaker and Margulis (١٩٧٨) قسما حقيقيات النواة إلى خمسة ممالك أربعة منها ثابتة، إلا أن استخدام الفيللوجيني الجزيئي أظهر وجود تباين مطلق في هذه الممالك وذلك بدءاً من عام ١٩٩٠م. وقد أثار Patterson (١٩٩٩) هذه المشكلة بطريقة مأساوية عندما ذكر – طبقاً للدراسات الجزيئية – وجود ما يزيد عن Taxa VI (مجموعة تقسيمية) وبدون وجود مجاميع أخوية. ويمكن ملاحظة ذلك مما كتبه Tudge (٢٠٠٠) حول ذلك العدد الكبير من ممالك حقيقيات النواة وأن بعض هذه الممالك اشتمل بعضها على كائن وحيد مثل الجنس *Giardia* والجنس *Entamoeba*.





شكل (٤-أ-٣): العلاقات الموضوعية المفترضة لحقيقيات النواة إستناداً إلى التراكيب فائقة الدقة. توضح الأرقام أمثلة الأحداث المحورية لجميع المستويات. ملاحظ وضع عدة مجاميع لاميتوكوندرية في قاعدة الشجرة التطورية وكذا Cryptomonads طبقاً للنتائج المتحصل عليها من تحليل ssRNA.

١- أسواط ذات أجسام قاعدية مفردة.

٢- الإنقسام غير المباشر المقفل ذو المغزل الداخلي.

٣- إزدواج قواعد الأسواط.

٤- الأسواط الرباعية.

٥- الخلايا (ثنائية).

٦- فقد الأسواط

٧- جهاز جولجي.

٨- المغزل الميتوزي الخارجي.

٩- الميتوكوندريات ذات الأعراف المسطحة flat cristae

١٠- الميتوكوندريات ذات الأعراف القرصية.

١١- kinetoplast في الميتوكوندريا

١٢- Pellicle (بالإضافة للبلاستيدات في البعض).

١٣- الميتوكوندريا ذات الأعراف الأنبوبية.

١٤- المغزل الميتوزي الخارجي

١٥- الشعيرات الأنبوبية السوطية الثلاثية Tripartite

١٦- اكتساب البلاستيدات لصبغة كلوروفيل C والفيكوزانثين.

١٧- فقد البناء الضوئي.

١٨- فقد شعيرات الأسواط.

١٩- فقد الإزدواج البيني.

٢٠- التعدد الخلوي.

٢١- Silica frustule

٢٢- فقد الأسواط شاملة قواعدها.

٢٣- ظهور البلاستيدات المحتوية على الفيكوبلبين.

٢٤- بناء الشيتين.

٢٥- بناء الحمض الأميني ليسين عبر مسار AAA.

٢٦- فقد الأسواط وقواعدها.

٢٧- وجود ياقة Collar ، مروحة على الأسواط.

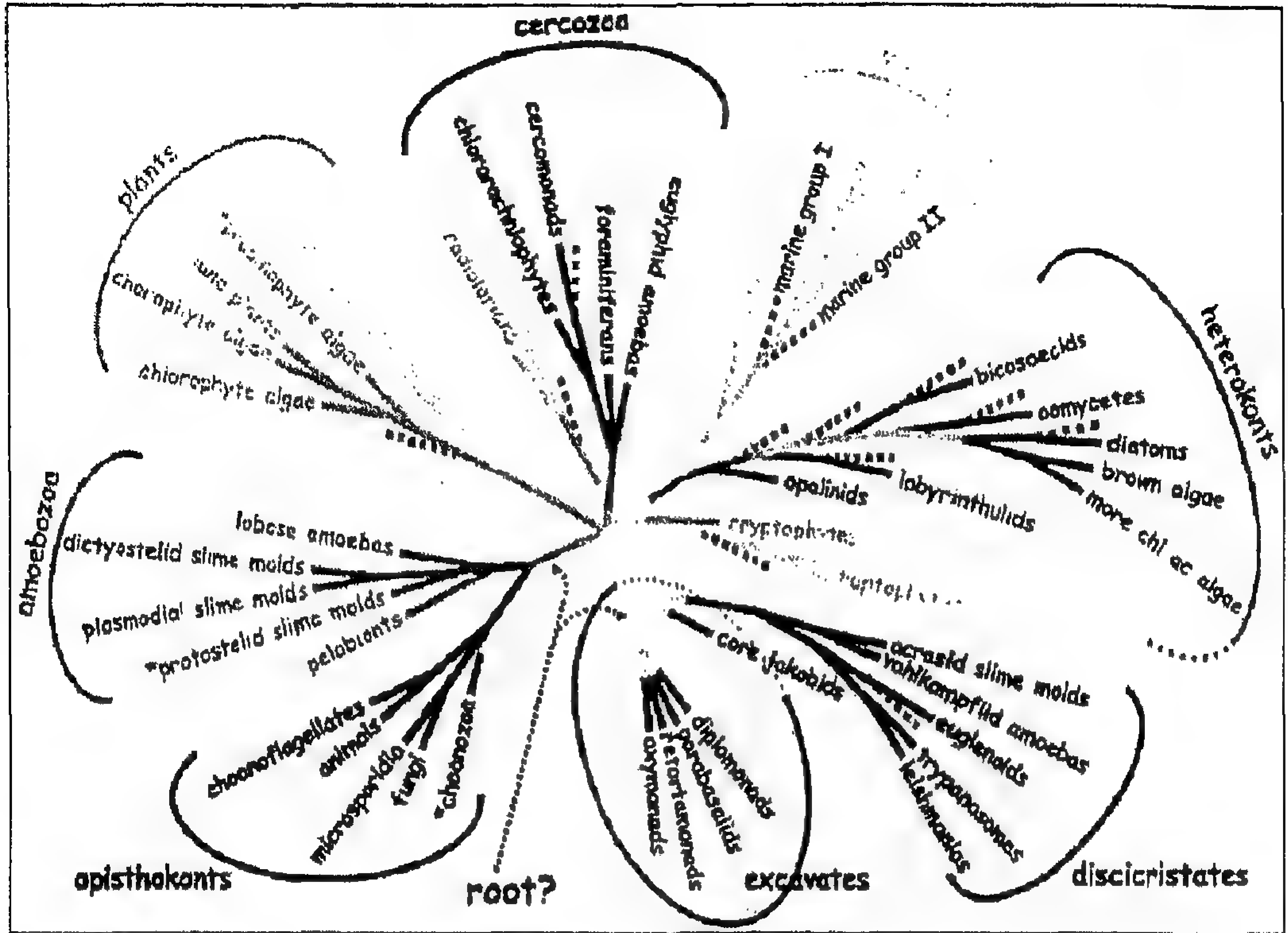
٢٨- وجود النشا في البلاستيدات المحتوية على كلوروفيل b.

٢٩- فقد الأسواط وكذا الحراشيف على الأسواط.

بدأت هذه المعضلة التقسيمية في الظهور مع بدايات القرن الحادي والعشرين، عندما شرع في استخدام ما يعرف بالنتائج الجزيئية - التركيبية - molecular structural data، حيث قام Baldaul (٢٠٠٣) بإعادة النظر في ما يتوازى من نتائج بالنسبة لحقيقيات النواة وقد ميز ثمانية خطوط أساسية أطلق عليها Supergroup وقد استند فيها على الربط ما بين التقسيم الجزئي والشكلي (شكل ٤-أ-٤)، مؤكداً على أن الفرض الأركيوزي في أشكاله البدائية قد مات.

عمد Keeling (٢٠٠٤) على تحديد عدد supergroups إلى خمسة (شكل ٤-أ-٥) وقد ساعدت هذه الخمسة supergroups على حل مشكلة الشواش chaos الذي أوضحه Petterson (١٩٩٩)، أخذا في الإعتبار رأي Taylor (١٩٩٩) الذي يرى حتمية الأخذ في الإعتبار النواحي الشكلية لهذه المجموعات.

في عام ٢٠٠٤ عمد Stechman and Cavalier Smith إلى محاولة تصحيح نظرية الأركيوزوا بإخراجها في شكل جديد وذلك بالإمداد بأدلة على أن الأركيا وحقيقيات النواة قد إنبثقتا من بكتيرية موجبة لصبغة جرام مثل الأكتينوميستات.



شكل (٤–أ–٤): الشجرة الفيللوجينية طبقاً لـ Boldauf (٢٠٠٣) توضح الوضع الفيللوجيني لحقيقيات النواة. ويلخص هذا المخطط النتائج التركيبية والجزيئية. الخطوط المتقطعة توضح Taxt ciPCR وتشير الأسهم للمحاميع المتوازية. ويوضح هذا المخطط أن نظرية الأركيوزا قد ماتت.

لم تكتب الكلمة الفاصلة فيما يتعلق "بشجرة" حقيقيات النواة بعد، ومما لا شك فيه أن "تزويج" خواص التركيب الدقيق مع نتائج البيولوجيا الجزيئية هل الحل الوحيد لفصل عرى خطوط حقيقيات النواة.

وفي هذا الصدد فسوف نقبل تصور Keeling (٢٠٠٤) كقالب أساسي لنظام تقسيم حقيقيات النواة؛ كما نؤيد الرأي الخاص بوضع الحيوانات والفطريات في ممالك منفصلة؛ كما سنطلق على supergroups فوق ممالك superkingdom تحتوي أربعة منها على أكثر من مملكة واحدة (شكل ٤–أ–٥).



شكل (٤-أ-٥):

المخطط الذي وضعه Keeling (٢٠٠٤). حيث قسم الكائنات إلى خمسة مجاميع أساسية supergroups.

إذن أين موقع الفطريات في هذا التقسيم. في عام ١٩٩٣ درس Baldewf and Palmer العلاقات الفيللوجينية بين الحيوانات والفطريات وذلك بدراسة تتابعات الأحماض الأمينية في ٢٥ بروتين. وقد كان ذلك بعد ما افترض Cavalier - Smith (١٩٨٧) أن الحيوانات والفطريات قد إنبثقتا من خط مشابه للكونوفلاجلات.

تلا ذلك ظهور أعمال أخرى (Cavalier - Smith and Chae (١٩٩٥) Cavalier - Smith (١٩٩٦)) لتقوية الإرتباط بين الفطريات والحيوانات وتم وضعهما في

مجموعة واحدة أطلق عليها Opisthokonts وذلك طبقاً لوجود السوط الخلفي الوحيد في الخلايا المتحركة. ثم تبع ذلك ظهور أعمال أخرى أكدت أن Amoebozae و Opisthkonts هي مجاميع أخوية، وبذلك تم وضعها في مجموعة واحدة أُطلق عليها Unikonta. وذلك لوجود سوط وحيد في خلاياها المتحركة.

ويضح الجدول التالي أربعة خواص مفرقة (الأسواط. أغطية الخلايا. الميتوكوندريا، والإنقسام الختزالي):

المجموعة	الأسواط	غطاء الخلية	الميتوكوندريا	الإنقسام الإختزالي
Pelobionts	أمامية أو داخلية	عارية	أجسام هيدروجينية	غائب
Rhizopoda	أمامي (١)	عارية	أعراف أنبوبية	غائب
Myxomycota	أمامي (٢)	عارية / شيتين	أعراف أنبوبية	يوجد
Dictyostela	غائب	عارية / جراثيم مغطاة	أعراف أنبوبية	غائب
Apusozoa	غائب	عارية / جراثيم مغطاة	أعراف مفلطحة وأنبوبية	غائب
Chytrids	خلفي (١)	شيتين	أعراف مفلطحة	مشكوك فيه
Microsporidia	غائب	جدار الجرثومة من ٣ طبقات	غائب	مشكوك فيه
Amastigote fungi	غائب	شيتين / شيتوزان جلوكان	أعراف مفلطحة	موجود / غائب في الفطريات الناقصة
Choanoflagellates	خلفي (١)	عادي ذو غلاف سليكوني	أعراف مقلطحة	غير معروف
Nucleariida Ichthyosporea Metazoa	خلفي (١)	متفاوت / عموماً عالية / مادة عضوية من الشيتين – كيوتين	أغلبها ذو أعراف مفلطحة	موجود

٤-ب. الإتجاهات الحديثة في تقسيم الفطريات

عُرفت الفطريات كمملكة منفصلة منذ أن ظهرت الأعمال العلمية لويتاكر Whittaker (١٩٥٧ . ١٩٥٩)، وطبقاً لدراسات النشوء السلفي التي أجرتها Margulis، فقد افترضت أن الفطريات قد انبثقت من خط Lineage لم يكن له أسواط، إلا أن نتائج الدراسات الحديثة التي قدمها كل من Tudge (٢٠٠٠) و Baldauf (٢٠٠٣) فقد أثبتت أن الفطريات قد انبثقت من خط مسوط، وبالطبع فإن الكيتريالات كانت جزء من ذلك الخط، وأن الغمامة التي تضم الفطريات هي جزء من غمامة أكبر يطلق عليها Opsithokonts (الحيوانات + الفطريات unikonta) وهي مجموعة تشتمل على الكونوفلاجلات والميتوزوا، ويعتقد أن الفطريات والحيوانات هم "أولاد عم".

يعتقد أن سلف الفطريات والحيوانات قد ظهر منذ ما يزيد عن البليون سنة وذلك لوجود عوامل كيموحيوية مشتركة بينها وهي: وجود الجليكوجين كمادة مخزنة فيها والهيكل الشيتيني الخارجي والكودون الوراثي الميتوكوندري الخاص بالتريبتوفان، بالإضافة للأدلة الشكلية مثل وجود الطور المتحرك (الخلايا المفردة ذات السوط الوحيد الخلفي)، كما نشاهد في حالة الجراثيم السابحة للفطريات وجاميطات الحيوان المذكرة والكونوفلاجلات.

وطبقاً للدراسات الفيللوجينية بتحديد تتابعات ssuDNA فإنه من الفرع الذي يوحد الحيوانات والكونوفلالات مع الفطريات، فإننا نتجه لملكة الفطريات، وعبر المجاميع التي تنبثق من قاعدة الفطريات توجد تلك ذات السوط الخلفي الكرباجي الطراز والتي تصنف في الكيتريديوميكوتا. إلا أن ما عداها من فطريات. فليس لها أية وسيلة تكاثرية متحركة بأسواط وهذا مما يثير الاعتراض على وضع الكيتريديوميكوتا ضمن الفطريات، إلا أن

السمات التي تشترك فيها الكيتريديوميكوتا مع غيرها من الفطريات مثل مسار بناء الحمض الأميني ليسين والجدار الخلوي الشيتيني، كما أن مقارنة تعاقب النيوكليوتيدات في تحت الوحدة الصغيرة للحمض النووي ssuDNA وتحت الوحدة الصغيرة ssuRNA وتحت الوحدة الكبيرة lsuRNA أثبتت بما لا يدع مجالاً للشك أن الكيتريديوميكوتا هي فرع من المملكة الفطريات.

ولما كانت الأسواط سبباً رئيسياً في إلتباس الميكولوجين لإستبعاد الكيتريديوميكوتا من مملكة الفطريات الحقيقية، إلا أن الأسواط سببت كذلك إلتباساً مضاعفاً حول السلف الوحيد للكيتريديوميكوتا. وقد ظهرت هذه الإشكالية قبل استخدام التحليل السلفي لبضعة ممثلين للكيتريديومات والزيجوميستات والتي نتج عنها صعوبات جمة في فصل أفرادها بين الشعبتين عن بعضهما، إلا أن الدراسات المتعمقة لتتابعات rDNA النووية أظهرت أن الكيتريديوميكوتا والزيجوميكوتات ليستا ذات أصل وحيد مشترك، كما ثبت وجود مجاميع وحيدة السلف monophyletic groups في كل منهما. وإستناداً إلى مقارنة التتابعات النيوكليوتيدية في ssurDNA فإنه يمكن استنتاج أن رتبة Blastocladiales (Chytridiomycota) تقع في قاعدة تطور الفطريات، إلا أن الأمر اختلف عند دراسة تتابعات DNA الميتوكوندري وكذلك بدراسة التتابعات النيوكليوتيدية في كل من ssu and lsu rDNA حيث اتضح أن رتبة Spizellomycetales (Chytridiomycota) هي التي تقع في قاعدة تطور الفطريات (أشكال ٤-ب-١ ، ٤-ب-٢).

Flagella lost
Schizosccharomyces (Archiasomycetes)
05
Saccharomyces (Hemiascomycetes)
07
Athelia (Basidlomycota)
55
Glomus (Glomales)
"dikaryomycetes"
86
Chytridium
Spizellomyces
83
93
Neocailiastix
93
Basidabolus (Entomophthorales, Zygomycota)
Chytridiales
Chytridiomycota
99
Flagella lost
Smittium (Trichomycetes)
42
Entomophthora
100
Zoophthora
100
Conidioblus
Entomophthorales
Zygomycota
89
Mucor (Mucorales, Zygomycota)
Flagella lost
Blastocladiella (Blastocladiales, Chytridlomycola)
Diaphonoeca (Choanollagellate)

شكل (٤–ب–١) : الشجرة التطورية للكيتريديالات والزيجوميستات إستناداً إلى التتابع النيوكليوتيدي لـ ssurDNA (عن .Nagahama , et al) (١٩٩٥). يلاحظ الفقد المتتالي المستقل للأسواط، ويوضح أن وجود الفلاجلات لا يعد صفة جيدة لتقسيم الفطريات الموجودة في هذين القسمين، حقيقة فليس أي من هذين القسمين وحيد السلف إلا أن الرتب في كل منهما تعد وحيدة السلف.



0.10

100/100 Schizophyllum
Cantharellus
Basidiomycota

100/98
100/98 Pichia
100/100 Saccharomyces
100/100 Candida
99/98 Yarrowia
Schizosaccharomyces
100/91
Aspergillus
100/100 Hypocrea
100/98 Podospora
Hemiascomycota
Archiascomycota
Euascomycota
Ascomycota

77/--
100/--
Mortierella
Rhizopus
Zygomycota

100/100
Allomyces
100/100 Harpochytrium 94
100/100 Monoblepharella 15
100/100 Hyaloraphidium
61/--
100/100 Spizellomyces
Chytridiomycota

100/100 Metridium
Sarcophyton
Metazoa
Monosiga
Choanoflagellata

شكل (٤–ب–٢): التحليل الفيللوجيني للفطريات إستناداً لتتابعات البروتين الميتوكوندري ومنه يتضح أن الجنس *Spizellomyces* يقع في قاعدة تطور الفطريات.

طبقاً لـ Lutzoni et al (٢٠٠٤) وطبقاً لنتائج تحليل تعاقبات ssu and lsu rDNA لمملكة الفطريات أمكن الوصول للشجرة الفيللوجينية التالية:

Pezizomycotina
Saccharomycotina
Taphrinomycotina 3
Taphrinomycotina 2
Taphrinomycotina 1
أسكيات

Basidiomycotina
Ustilaginomycotina
Urodinomycotina
بازيديومات

Diversicporales
Glomerales
جلوميرات

Mucorales 2
Entomophthorales 2
Mucorales 1
Mortierellales
Entomophthoralcs 1
Kickzellales
Zoopagales
زيجيات

Blastocladiales
Chytridiales 2
Chytridiales 1
Monoblepharidales
Spizellomyceteles
كيتريديالات

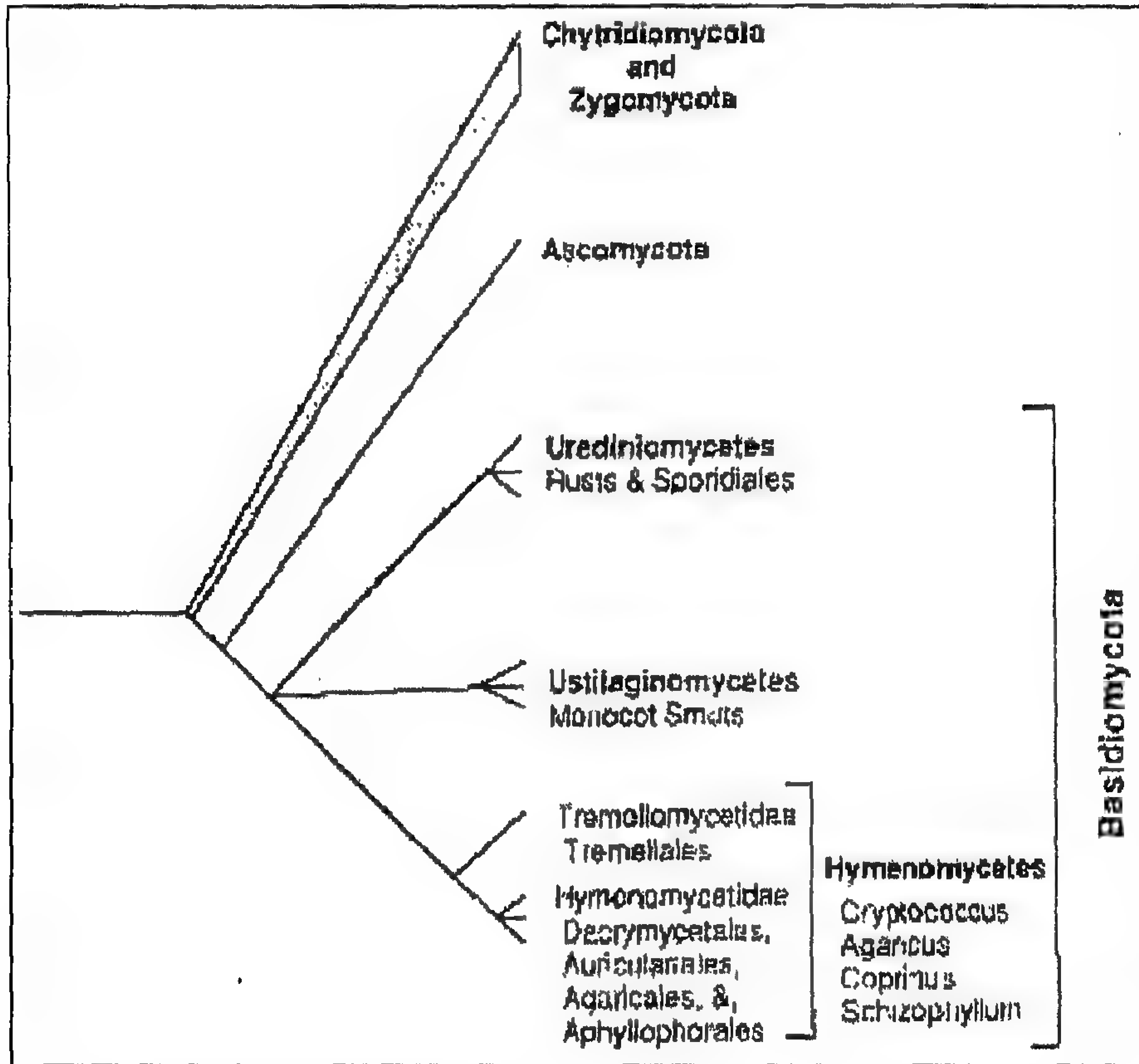
Outgroup

Lutzoni et al 2004. American Journal of Botany 91 (10) 1446 , 1480

شكل (٤-ب-٣): الشجرة الفيللوجينية طبقاً لنتائج تحليل التتابعات النيكليوتيدية لتحت الوحدة الكبيرة للحمض النووي rRNA (Lutzoni et al) (٢٠٠٤).



ومما هو جدير بالذكر أن الفطريات الجلومورية والتي عادة ما تكون جذور فطريات شجيرية داخلية مع عوائلها النباتية والتي كانت توضع إلى حد قريب كرتبة في شعبة الزيجوميكوتات اتضح أنها خط تطوري منفصل، مما استوجب وضعها في شعبة مستقلة هي شعبة الفطريات الجلومورية Phylum Glomeromycota (شكل ٤-ب-٣).



شكل (٤-ب-٤): الشجرة التطورية للبازيديوميكوتا إستناداً إلى ssu rDNA النووي طبقاً لـ Swann and Taylor(١٩٩٣) يتضح أن الثلاثة خطوط Ustilaginemycetes, Uredinomycetes, Hymenomycete وحيدة الفرع، إلا أن حل كل التداخلات بينها هو أحد المعضلات العلمية.

عندما تتجه لأعلى عبر الشجرة الفيللوجينية للفطريات مغادرين ما يمكن أن يطلق عليه الفطريات ذات المدمج الخلوي فسوف نصل إلى شعبتين هما البازيديوميكوتا وشعبة

الأسكوميكوتا. أفرادها يمكن أن تنموا على شكل خلايا خمائرية أو هيفات أو كلاهما، تتكون الجراثيم اللاجنسية والجنسية بوفرة، بالإضافة إلى أن كثير من الأنواع تعطي أجساماً ثمرية والتي تعمل على حماية الجراثيم الجنسية وتساعد على انتشارها.

الغالبية العظمى من أفرادها أحادية الصبغيات، إلا أنه بعد حدوث الإقتران النووي. فإن الاندماج النووي قد يتأخر مؤدياً إلى مرحلة ثنائية الأنوية binuclear or dikaryotic stage، تمتاز فطرياتها بوجود جدر عرضية تفصل الهيفات إلى خلايا.

الفطريات البازيدية

Basidiomycota

تضم دورة الحياة النموذجية للفطريات البازيدية مرحلة طويلة ثنائية الأنوية، ويحدث إنقسام النواتين متزامناً عن طريق ما يسمى بالرابطة الكلابية أو الخلية الخطافية، وقد أمكن تمييز هذا التركيب في الحفريات الخاصة بالأنسجة الخشبية من مخروطيات العصر الكربوني Carboniferous fern محفوظة منذ ما يزيد عن ٢٩٠ مليون سنة خلت.

يمثل عدد الفطرات البازيدية حوالي ٣٥٪ من إجمالي الفطريات، وتعد الصفة الشكلية المشتركة فيها هو وجود البازيديوم، وهو الإنتفاخ الذي يتكون في نهاية هيفا، ويعطي البازيديوم الجراثيم البازيدية والتي تنطلق بقوة من على البازيديوم إلى الهواء، وإذا ما تكون البازيديوم داخل جسم ثمري، فإنه يتكون على سطح طبقة خصيبة تسمى hymenium، وتوجد إختلافات شاسعة في شكل الجسم الثمري وكذا في شكل البازيديوم بين فطريات هذه الشعبة وعلى الأخص وجود أو غياب الجدر العرضية بالبازيديوم بعد حدوث الإنقسام الإختزالي.

أدت دراسة تتابعات النيكلوتيدات في ssu rDNA لإثبات وجود ثلاثة خطوط تطورية، إثنان يفتقران لوجود الأجسام الثمرية وهي الفطريات اليوريدينية uredinomycetes واليوستيلاجينية ustilaginomycetes والثالثة ذات أجسام ثمرية هي الهيمنيومسيتية hymenomycetes (شكل ٤–ب–٤)، وفي الوقت الراهن فإن الإشكاليات التطورية في هذه الصفوف الثلاثة لم تحل بعد، وقد ثبت أن شجرة التطور إعتماداً على ssu rDNA تتحدى التقسيم السابق الذي يعتمد على شكل البازيديوم.

الفطريات الأسكية

Ascomycota

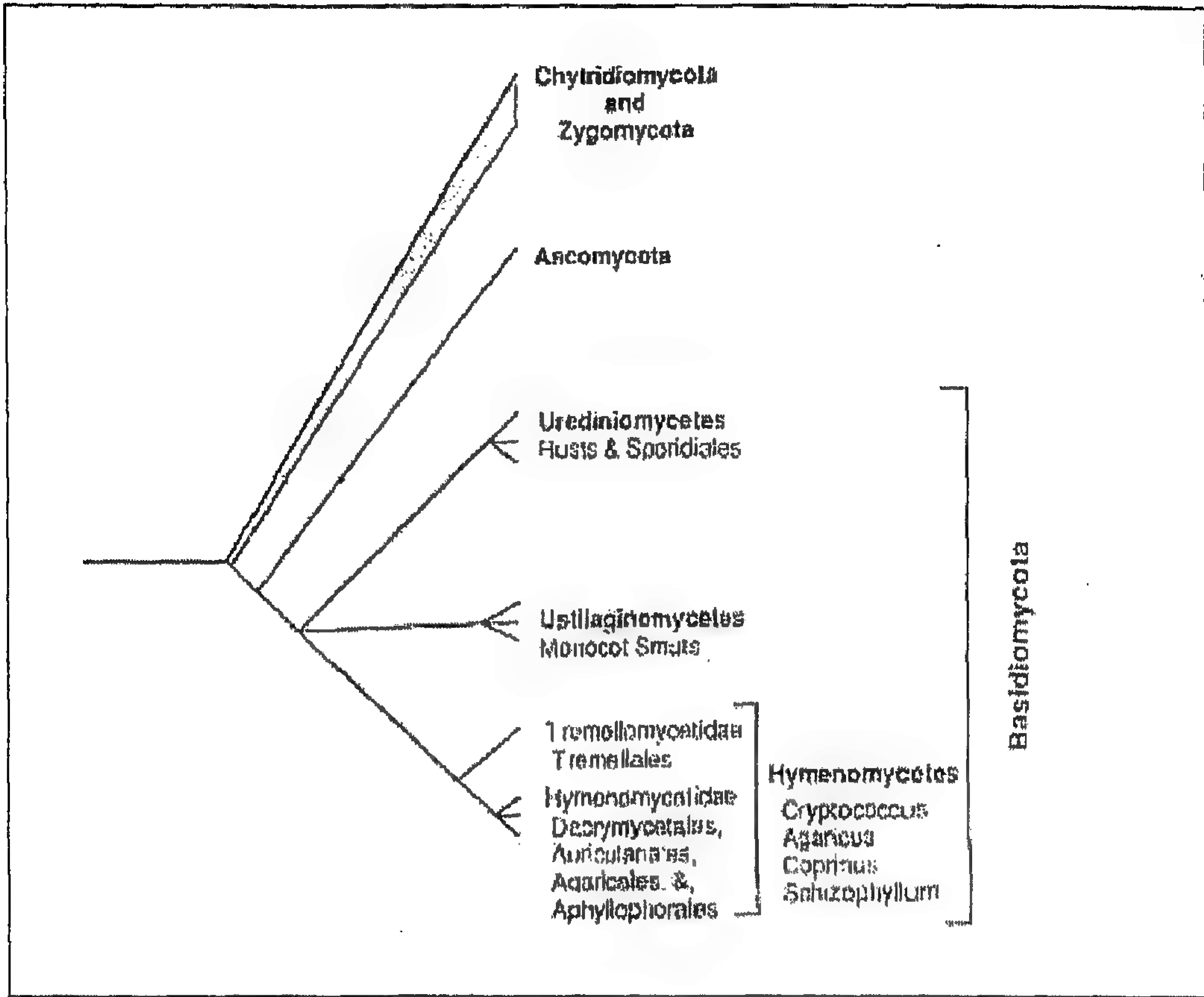
الفطريات الأسكية هي المجموعة الأخوية للفطريات البازيدية. وتعد شعبة الأسكيات هي الأكبر حجماً في مملكة الفطريات والتي تضم قرابة ٤٥٪ من عدد الفطريات الموصوفة؛ كما أنها تضم مجموعة هائلة من الفطريات ذات التكاثر اللاجنسي فقط والتي يطلق عليها deuteromycetes أو metosporic fungi وتضم حوالي ٢٪ من الفطريات الموصوفة.

تعد الفطريات الاسكية هي أخطر المرضات النباتية، كما تضم غالبية الأنواع المرضة للحيوان والإنسان. كما تحتوي على عدة مجموعات من الجذر فطريات mycorrhizal ascomycetes، إلا أن أحداً منها لا يرقى لرتبة شعبة الجلومورات والأجاريكات، كما تضم شعبة الأسكيات قرابة ١٣٥٠٠ نوع تعيش تكافلياً مع الطحالب، أي الفطريات الآشنة، والتي تعد حوالي ثلث الفطريات الأسكية.

تعد عملية تكوين الأكياس الأسكية هي الخاصية الأساسية المميزة للفطريات الأسكية. وجميع الأسكيات تفتقر لوجود جدر عرضية داخل الكيس الأسكي، والغالبية العظمى منها تحوي على أربعة جراثيم على الأقل وغالباً ثمانية جراثيم داخل الكيس الأسكي.

بالقرب من قاعدة الأسكيات ترقد أولى المجموعات وهي الأركيا أسيكوميستات Archiascomycetes وهي المجموعة التي تتعدد أسلافها non-mono phyletic والتي اكتشفت عند إجراء دراسة تتابعات ssu rDNA. توجد بعض المواقع القريبة منها، فالنوع *Schizosaccharomyces bombe* الفطر الخمائري أصبح شديد الارتباط بفطر الخميرة *Saccharomyces cerevisiae*. كذلك، فالنوع *Pneumycetes carinii* والذي سبق أن انتمى إلى البروتوزوا، إلا أن له دورة حياة وشكل خمائري، أصبح الآن ينضوي تحت الفطريات الأسكية. والأكثر إثارة أن الفطر *Neolecta vitallina* وهو الفطر الأسكي الهيفي المكون للأجسام الثمرية الطبقية الضخمة ذات الطبقة الخصيبية حيث تترتب فوقها الزقاق يقع الآن في Archiascomycetes. إلا أنه لا يثير الدهشة أن نجد أنواع *Taphrina* و *Protomyces* توجد ضمن الفطريات الأركيوأسكوميستات.

عندما تتحرك لأعلى على خط الأسكوميستات، تصل إلى التفرع الثنائي بين Hemiascomycetes و Euascomycetes (شكل ٤-ب-٥)، الأولى تفتقر للأجسام الثمرية وأغلبها تتواجد على شكل خمائري، أما المجموعة الأخوية لها وهي euascomycetes فهي تضم الفطريات الخيطية التي تعطي أجسام ثمرية.



شكل (٤-ب-٥): الشجرة التطورية للأسكومسيتات طبقاً لتتابعات النيوكليوتيدات في ssu rDNA.

للفطريات الأسكية الحقيقة جراثيم جنسية (أسكية) وأخرى لاجنسية وقد وجدت أنواع مختلفة من هذه الجراثيم في العصر lower cretaceous أي قرابة ١٧٠ مليون سنة مضت، مما يؤكد على أن هذه الفطريات قد عاشت منذ هذا التاريخ.

عندما نلج في الأسكيات، فإن قرابة ٢٠٪ من الفطريات لم يشاهد فيها طريقة التكاثر الجنسي، وأن التكاثر اللاجنسي فيها يشبه الفطريات الأسكية. وعندما تكون العلامات الشكلية للتكاثر الجنسي هي الصفة الوحيدة لتقسيم الفطريات ثنائية النوى؛ وذلك قبل أن

يستخدم الدراسات المقارنة لتتابعات rDNA، فإنه من المحتم وضع تقسيم للفطريات طبقاً للتكاثر الجنسي، ولما كانت كل الفطريات تحوي أحماضاً نووية، كما أن مقارنة تتابعات الأحماض النووية قد أثبتت فعاليتها في تقسيم الفطريات، لذلك، فإنه يصبح من غير المنطقي تقسيم الفطريات اللاجنسية بصورة منفصلة. فمثلاً فطريات مثل *Candida albicans* و *Penicillium chrysogenum* و *Bipolaris maydis* و *Exophiala dermatitidis* جميعها لاجنسية، إلا أنه يمكن وضعها على الشجرة التطورية مع الأسكيات اللاجنسية ضمن Saccharomycetales و Eurotiales وPleosporales و Chaetochyriales على التوالي.

إن الوقت الآن أصبح ملائماً لإستخدام حفريات الفطريات ومقارنة تتابعات الأحماض النووية وذلك لوضع تواريخ الأحداث العظيمة في تطور الفطريات، وفي هذا الصدد فإن المحاولات الأولية لكل من Berbe and Taylor (١٩٩٣) و Simon et al (١٩٩٣) والتي نشأ عنها الشكل الموضح (٤-ب-٦) والذي يشير للزمن التقريبي لظهور أنواع الفطريات على الأرض.



شكل (٤–ب–٦): الشجرة التطورية للفطريات إستناداً لتتابعات النيوكليوتيدات في ssu rDNA على خط الزمن الجيولوجي. يتناسب طول الفرع طردياً مع متوسط معدلات الإحلال النيوكليوتيدي (١٪ لكل ١٠٠ مليون سنة) تم مضاهاة متوسط الإحلالات مع الفطريات الحفرية أو العوائل النباتية الحفرية أو المعيشة التكافلية. توضح الحروف على الفروع لأصل الصفة المورفولوجية للفطر.

(a) جراثيم سابحة. (b) هيفات. (c) حواجز عرضية في الهيفا.

(d) روابط كلابية. (e) بازيديات. (f) الفطريات الميتوسبورية الآسكية.

(g) أكياس أسكية إسطوانية تطلق جراثيمها الأسكية بقوة. (h) معقد الأسكوميكوتا ذات الأجسام الثمرية.

(i) الفطريات البازيدية لرتبتي Agaricales و Aphylophorales. (j) عيش غراب mushrooms.

ومما يثير الدهشة في نظم تقسيم الفطريات في الأعوام الأخيرة هو تضمين المتطفلات الداخلية على الحشرات والأسماك والتي يطلق عليها الميكروسبوريدات Microsporidia ضمن الفطريات إستناداً لمقارنة تتابعات البروتين وكذا إستناداً إلى دراسة تتابعات النيوكليوتيدات في ssu rDNA ويرى بعض المشتغلين بعلوم التقسيم الجزيئي أن الميكروسبوريدات تمثل قاعدة وأساس شجرة حقيقيات النواة مع الأشكال البدائية الأخرى مثل Giardia و Parabasalids. إلا أن Germot et al (١٩٩٨) يرى أن الميكروسبوريدات قد إنبثقت من سلف ميتوكوندري، ثم أوضح Hirt (١٩٩٩) قرابتها الواضحة من Opisthkonts وعلى الأخص الفطريات، ويرى Keeling (٢٠٠٣) أنها ليست من الأوليات وأنها اشتقت من الزيجوميكوتات. وقد إتضح الآن بجلاء أن الميكروسبوريدات فطريات إلا أن موقعها داخل المملكة فلم يحسم بعد، لذلك فإن Cavalier – Smith يرى وضعها في Incertae sedis.

وعلى ذلك، فإن مملكة الفطريات تقسم حالياً على النحو التالي:

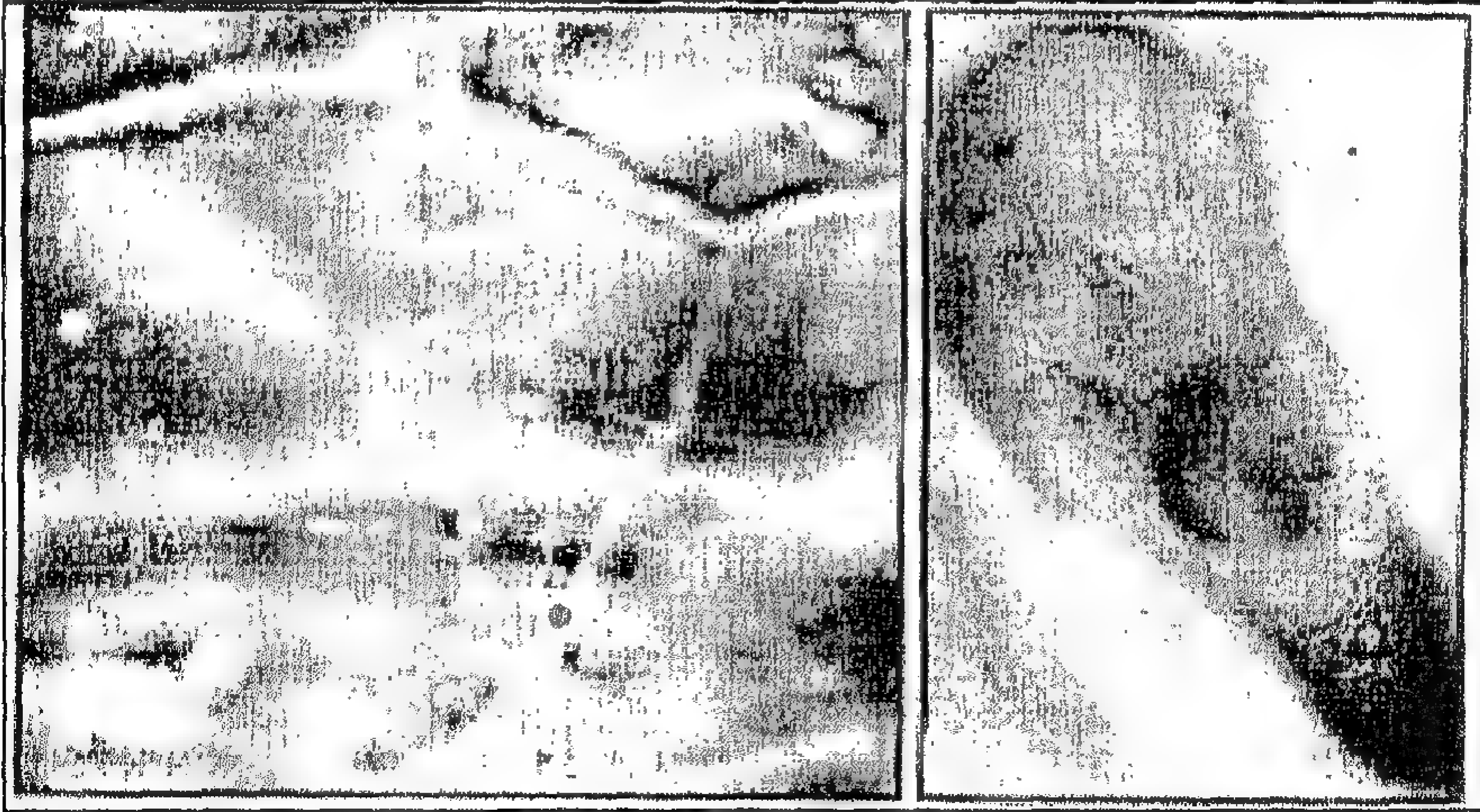
The Kingdom Fungi
Incertae Sedis
    Phylum Microsporidiomycota
Subkingdom Mastigomycotina
    Phyluma Chytridiomycota
Subkingdom Thallomycotina
    Phyluma Zygomycota
    Phyluma Glomermycota
    Phyluma Ascomycota
    Phyluma Basidiomycota

السجلات الحفرية للفطريات

Fossil Records of Fungi

تعد الفطريات غير شائعة كحفريات، كما أن ما وجد من حفرياتها لم تلق الكثير من الاهتمام مقارنة بالمجاميع الحفرية الأخرى لمختلف الكائنات. تميل الحفريات الفطرية لكونها حفريات ميكروسكوبية، حتى أن الفطريات ذات الأجسام الثمرية كبيرة الحجم لم تسجل كحفريات.

عادة، فإن الحفريات الفطرية غالباً ما تكون صعبة التعريف وقد يكون تعريفها أمراً مستحيلاً. ومن أمثلة ذلك ما هو موضح في الشكل (٤-ب-٧) على اليسار والتي وجدت في عنبر من العصر الكريتاس Cretaceous في شمال فرنسا، وهي تمثل الفطر الآسكي *Candida*، ولم يعرف كيف عاش هذا الكائن أو كيف تكاثر، ومن ناحية أخرى فحفرية *Miocene* إلى اليمين هي لجسم ثمري دورقي Perithecium، وهو التركيب التكاثري المقفل. وطبقاً لصفات الجراثيم والجسم الثمري نفترض أن هذه الحفرية لنوع من جنس *Savoryella*.



شكل (٤-ب-٧): إلى اليسار هيفا حفرية من العصر الكريتاس في شمال فرنسا. توضح الخطوط خلايا الجنس Candida. وإلى اليمين جسم ثمري دورقي من عصر الميوسين من نيفادا. يرجع الحفظ الدقيق لترسيب السليكا في الجزء التي طمرت فيه.

أدت الدراسات الحديثة لبعض العينات المحفوظة للإسهام في زيادة المعرفة عن الفطريات الحقرية، وعلى الأخص الفحص الميكروسوبي لحفريات فطريات من العصر الديفوني Devonian في مدينة إبردين شاير في إسكوتلاندا، والتي أوضحت أن الفطريات والنباتات الأرضية قد كونت معيشة تكافلية حتى في تلك الحقبة المبكرة من المعيشة الأرضية. حقيقة، فإن الخمسة مجاميع الأساسية للفطريات الحديثة قد وجدت في الرواسب من العصر الديفوني Devonian strata والتي أوضحت أن الفطريات قد تمكنت من غزو الأرض وبدأت في أن تتباين قبل أن يظهر أول حيوان فقاري زاحف بعيداً عن البحر.

يبدو أن أقدم الحفريات للفطريات قد تكون صورة من صور الكيتريديات من العصر Vendian (ما قبل الكمبري المتأخر) والتي وجدت في شمال روسيا، أما الحفريات الأقدم لحفريات فطريات عصر ما قبل الكمبري فهي تعتبر الآن أغلفة فارغة لبكتريا خضراء مزرقة Cyanobacteria، والتي لم تميز بوضوح لكي توضع في أي مصنف. تعد حفريات الفطريات لما قبل العصر الديفوني نادرة، ويبدو أن الفطريات قد بدأت في التمايز في نفس الزمن الذي بدأت فيه النباتات في التمايز شكل (٤-ب-٨).



شكل (٤-ب-٨): إلى اليسار قطاع يمر عبر ساق لنبات *A.glaophyton* من العصر الديفوني، حيث تظهر مع



الخلايا القطر المتحفر من جنس *Paleomyces*. والصورة إلى اليمين لجراثيم فطريات.

مراجع للاستزادة

- Alexopolus, C.J.,Mims ,C.W., and Blackwell ,M. 1996. Introductory Mycology, 4th edition .Wiley, New york.
- Baldauf ,S.L., and Palmer ,J.D. 1993. Animals and fungi are each others closest relations. Congruent evidence From multiple proteins . PROC. NATL. ACAD. SCI. USA. GO : 11558-11562 .
- Bawnan, B.H., Taylor ,J.W., Brownlee , A.G., Lee, J., LU, S.D., and White , T.J. 1992. Molecular evaluation of the fungi : relationship of the Basidiomycetes, Ascomycetes , and chytidiomycetes. MOL. BIOL. EVOL. 9: 285-296.
- Bruns, T.D., Vilgalys, R., Barns, S.M., Gonzalez, D., Hibbett, D.S., Lane, D.S., Simon, L., S., Szaro, T.M., Weisburg, W.G., and sogin, M.L., 1992. Evolutionary relationships within the fungi : analyses of nuclear small subunit r DNA sequences. Mol. Phylog. Evol, 1:231-241.
- Dennis, R.L.1969. Fossil mycelium with clamp connections From Middle Pennsylvanian. Science 163:670-671.
- Hawlcsworth, D.L.1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. Mycol. Res. 95:641-655.
- Hawksworth, D., Kirk, P., Sutton, B. and Pegler, D. 1996. Ainworth's and Bisby's Dictionary of the fungi, 8th edition. CABI, Walling ford, UK.
- Kurtzman, C.P.1994. Molecular Taxonomy of the yeasts. Yeast 10: 1727-1740.
- Nagahama, T., Sato, H., Shimaze, M. and Sugiyama, J. 1995. Phylogenetic divergence of the entomophthoralean Fungi: evidence from nuclear 18s ribosomal RNA gene sequence. Mycologia 87:203-209.

- Swann, E.C. and Taylor , J.W.1665. Phylogenetic Perspectives on basidiomycete systematics : evidence from the 18s r RNA. Can. J. Bot. 71:s 862-S 868.

- Taylor, J.W. 1995. Making the Deuteromycota redundant: a practical integration of mitosporic and meiosporic fungi. Can. J. Bot. 73: S 754-S 759.

- Woese, C.R., Kandler, O.and wheelis, M.L.1990. Towords natural system of organisms: proposal for the domains archaea, bacteria, and eucary. Proc. Natl. Acad. Usa. 86: 6201-6205.

- Moncalvo, J.M., F.M. Lutzoni, S.A.Rehner, J. Johnson, and R.Vilgalys. 2000. Phylogenetic relationships of agaric fungi based on nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. SYST. BIOL. 49. 278-305.

- James, T.Y., R.porter, C.A. Leander, R.Vilgalys, and J. Longcore. 2000. Molecular Phylogenetics of the chyteridiomycota supports of the utility of ultrastructural data in chytrid systematics. Canad .J.Bot. 78: 336-350.



٤-١ مملكة الفطريات

The Kingdom Fungi
Incertae sedis

٤-١-١ شعبة الميكروسبوريديوميكوتا

Phylum Microsporidiomycota

الميكروسبوريدات كائنات متطفلة على الحيوانات ومفصليات الأرجل والأوليات، وعلى الأخص ذات القيمة الاقتصادية العالية مثل الأسماك ودودة الحرير ونحل العسل. فخلال أشهر الربيع يصيب الجنس *Nosema* نحل العسل ويقضي عليه، أما أنواع جنس *Glugea* فتصيب الأسماك مؤدية لتكوين أورام كبيرة الحجم في الخياشيم والجسم. يصاب الإنسان بأنواع تابعة لستة أجناس من الميكروسبوريدات.

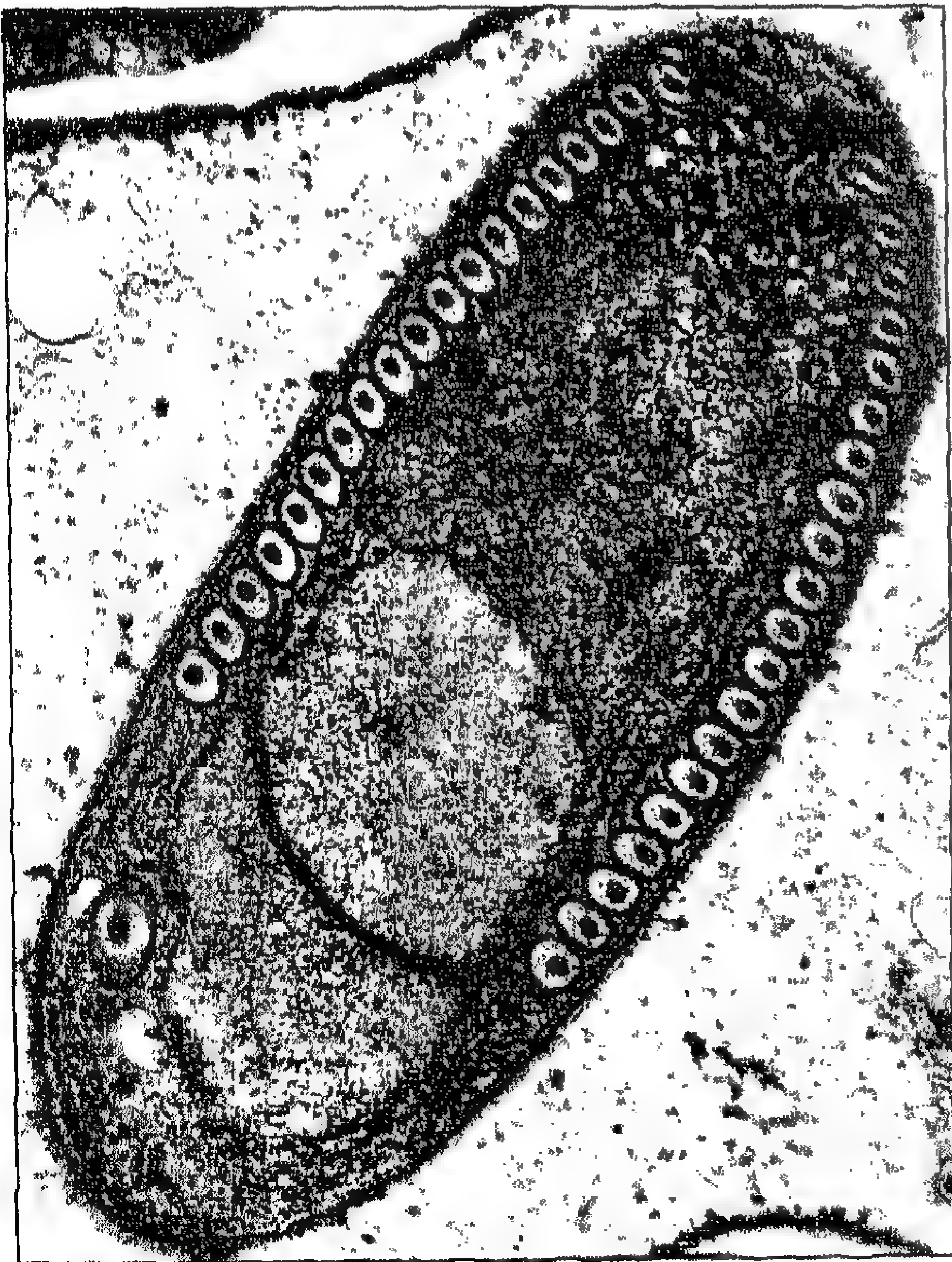
عرف Patterson عام ١٩٩٩ الميكروسبوريدات أنها خط تطوري متفرّد وذلك إعتماداً على شكلها، وقد اعتبرت مجموعة طبيعية. اعتبرت الميكروسبوريدات حيوانات جرثومية Sporozoans (Grell, 1973 , Kudo, 1966)؛ إلا أن Margulis and Schwartz (١٩٨٨) قاما بضم كل من الميكروسبوريدات والميكسوزوا في شعبة واحدة هي Cnidosporidia، إلا أنهما قد فُصلا عن بعضهما فيما بعد. في عام ١٩٨٥ درس Weiser هذه الكائنات باستفاضة وأوضح طبيعتها المتفردة وقد رفعها لمستوى الشعبة.

يرى من يعتقد في الفرض الأركيوزي مثلاً (Cavalier – Smith, 1983 و Tudge, 2000) أنها كائنات بدائية وتعد فرعاً نشأ من قاعدة شجرة حقيقيات النواة. ومؤخراً، فإن دلائل البيولوجيا الجزيئية قد وضعتها ضمن Opisthokonts متوضعة مع الفطريات (Fast and Keeling,2001 , Keeling,2002 , Skolova et al.,2003 و Ragan et al.,2003)، ويرى Kelling (٢٠٠٣) أن الميكروسبوريدات متطفلات نشأت من سلف زيجوميسيتي.

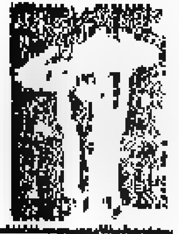
تضم الشعبة ما يزيد عن ١٠٠٠ نوع ومن مرادفاتها Microsporidians و Cnidosporidians.

للميكروسبوريدات دورة حياة تتألف من ثلاث مراحل، مرحلة التزايد العددي proliforative ومرحلة إنتاج الجراثيم sporangial phase وطور حدوث العدوى بالجراثيم.

تتميز الجراثيم بأنها وحيدة الخلية (شكل ٤-١-١) ذات جدار صلب، توجد بالخلية نواة واحدة أو نواتان diplokaryon والبلازم الجرثومي sporoplasm يحتوي على قرص الدعم anchoring وجهاز الدفع extrusion يتركب من أنبوبة قطبية مفردة ذات معقد إتصال أمامي.



شكل (٤-١-١): منظر عام لشكل الجرثومة في الميكروسبوريدات.

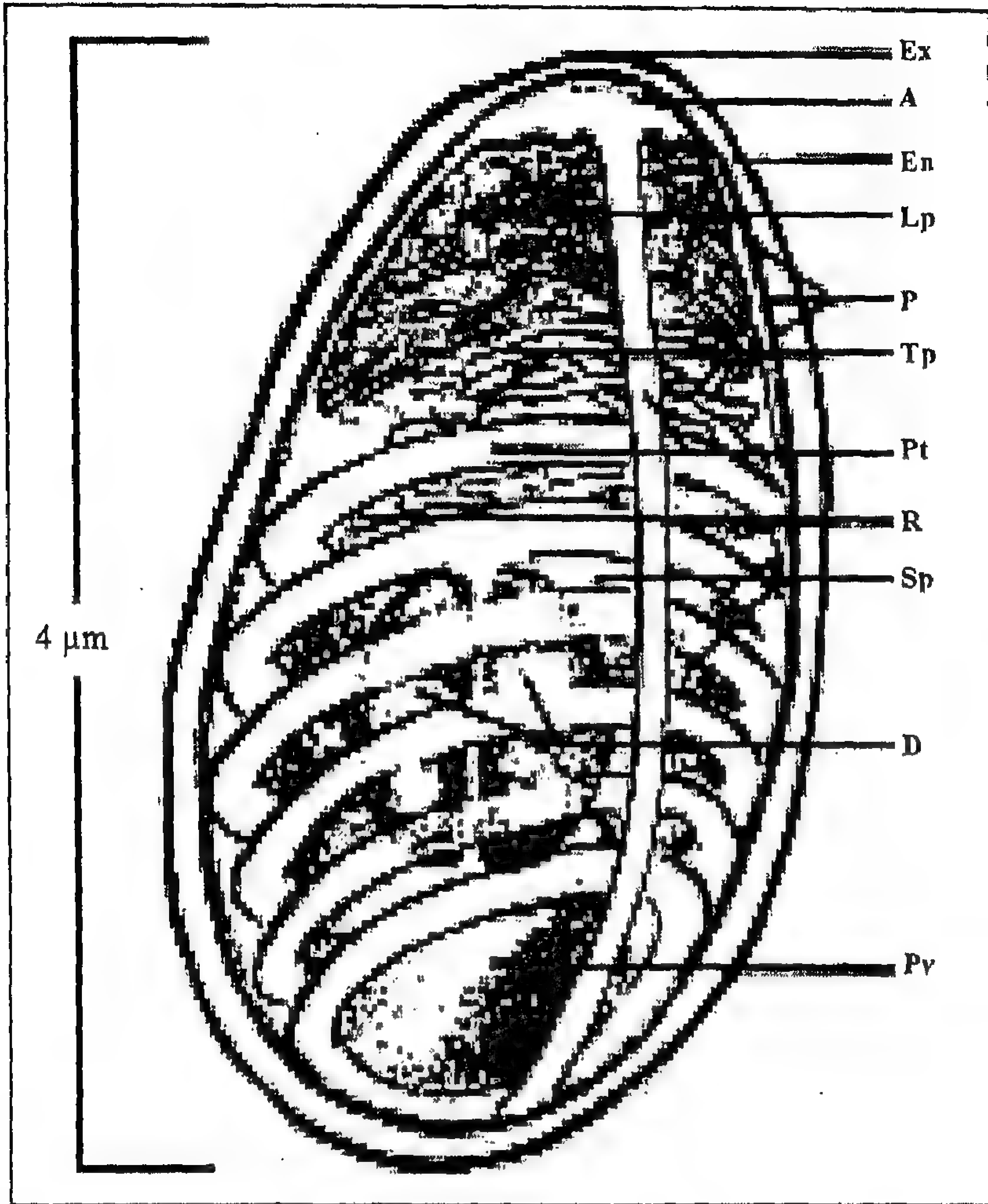


وبالرغم من أن الجراثيم تقاوم الظروف البيئية، إلا أنه يمكن قتلها إذا ما عرضت لمدة ٣٠ دقيقة لمحلول ٧٠٪ إيثانول أو ١٪ فورمالدهيد أو ١٪ فوق أكسيد الهيدروجين أو بتعقيمها في الأوتوكلاف على درجة ١٢٠° م لمدة عشر دقائق، وعموماً فإن حجم الجراثيم يتراوح من ١ إلى ١٢ ميكرومتر.

يتركب غلاف الجرثومة من سطح خارجي ذو كثافة إلكترونية عالية electron-dens ذات سطح بروتيني ومكون داخلي شفاف إلكترونياً يتركب من الشيتين والبروتين وغشاء بلازوليما داخلي. يتركب جهاز الدفع extrusion من أنبوبة قطبية طويلة والتي تتصل بداخل النهاية الأمامية للجرثومة بواسطة قرص التدعيم anchoring disc ويتكون من ٤ إلى ٣٠ لفة تقريباً تحيط بالبلازم الجرثومي وذلك طبقاً للنوع.

أما داخل الجرثومة فإن لفة الأنبوبة القطبية تحتوي على مادة دقيقة ذات كثافة إلكترونية عالية، ويطلق على الأنبوبة القطبية قبل إنطلاقها الشعيرة القطبية.

تعد الأنبوبة القطبية أداة أساسية في إنتقال العدوى عن طريق وخز piercing الخلية المجاورة، وعن طريق الأنبوبة القطبية يتم حقن البلازم الجرثومي مباشرة داخل الخلية. وعلى ذلك، فإن الأنبوبة تعمل وظيفياً كإبرة حقن hypodermic needle (شكل ٤-١-٢).

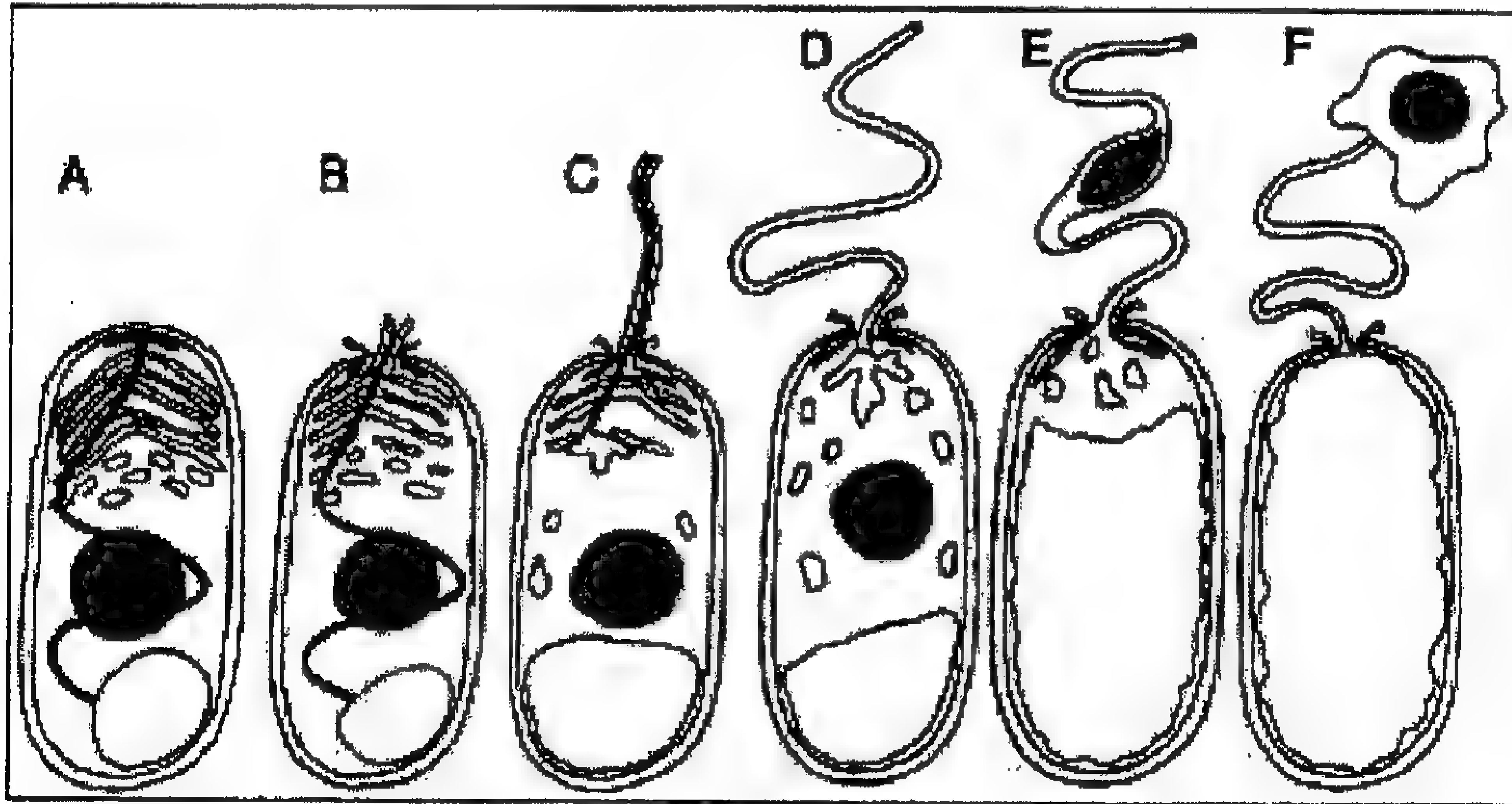


شكل (٤-١-٢): مخطط للتركيب الداخلي للجرثومة. طبقاً للنوع يتفاوت حجم الجراثيم من ١ إلى ٢٠ ميكرومتر، يتفاوت عدد لفات الأنبوبة القطبية من بضعة لفات إلى ٣٠ أو أكثر. يتركب جهاز الدفع من الأنبوبة القطبية (Pt) والبلاست القطبي الأنبوبي (Tp) والبلاست القطبي الصفائحي (Lp)، يستخدم قرص التثبيت لتعريف النوع، الأنوية (D) قد تكون مفردة أو في أزواج ويطلق عليها diplokaryon (كما في حالة *Nosema*)، المنطقة الداخلية الرقيقة رائقة إلكترونية (Ex) والمنطقة الكثيفة إلكترونية (P)، كما يوجد البلازم الجرثومي (Sp) والفجوة (Pv)، والريبوسومات (R).

دورة الحياة

تمر دورة حياة الميكروسبوريدات عموماً بثلاث مراحل: الجراثيم spores وطور merogony وطور sporogony.

الجراثيم Spores: يتراوح طول جراثيم الميكروسبوريدات من ١ إلى ٢٠ ميكرومتر والأنواع التي تصيب الثدييات عادة صغيرة الحجم، يتراوح طولها من ١ إلى ٣ ميكرومتر وللجرثومة جدار سميك يتركب – كما سبق الإيضاح – من ثلاث طبقات، طبقة خارجية ذات كثافة إلكترونية عالية وطبقة بروتينية وطبقة داخلية ذات كثافة إلكترونية ضعيفة يطلق عليها endospore. وبعد أن يتم حقن محتويات الجرثومة داخل خلية العائل عبر جهاز الدفع يتكون داخل الخلية المصابة الطور التالي وهو merogony. ويوضح شكل (٤-١-٣) مراحل حدوث العدوى بالميكروسبوريدات.



شكل (٤-١-٣): مراحل حدوث الإصابة بالميكروسبوريدات:

A: الجرثومة. B: خروج أنبوبة الدفع.

C, D: استمرار إنطلاق أنبوبة الدفع للخارج.

E: إنتقال البلازم الجرثومي لأنبوبة الدفع.

F: إصابة الخلية المجاورة وحقن البلازم الجرثومي داخلها.

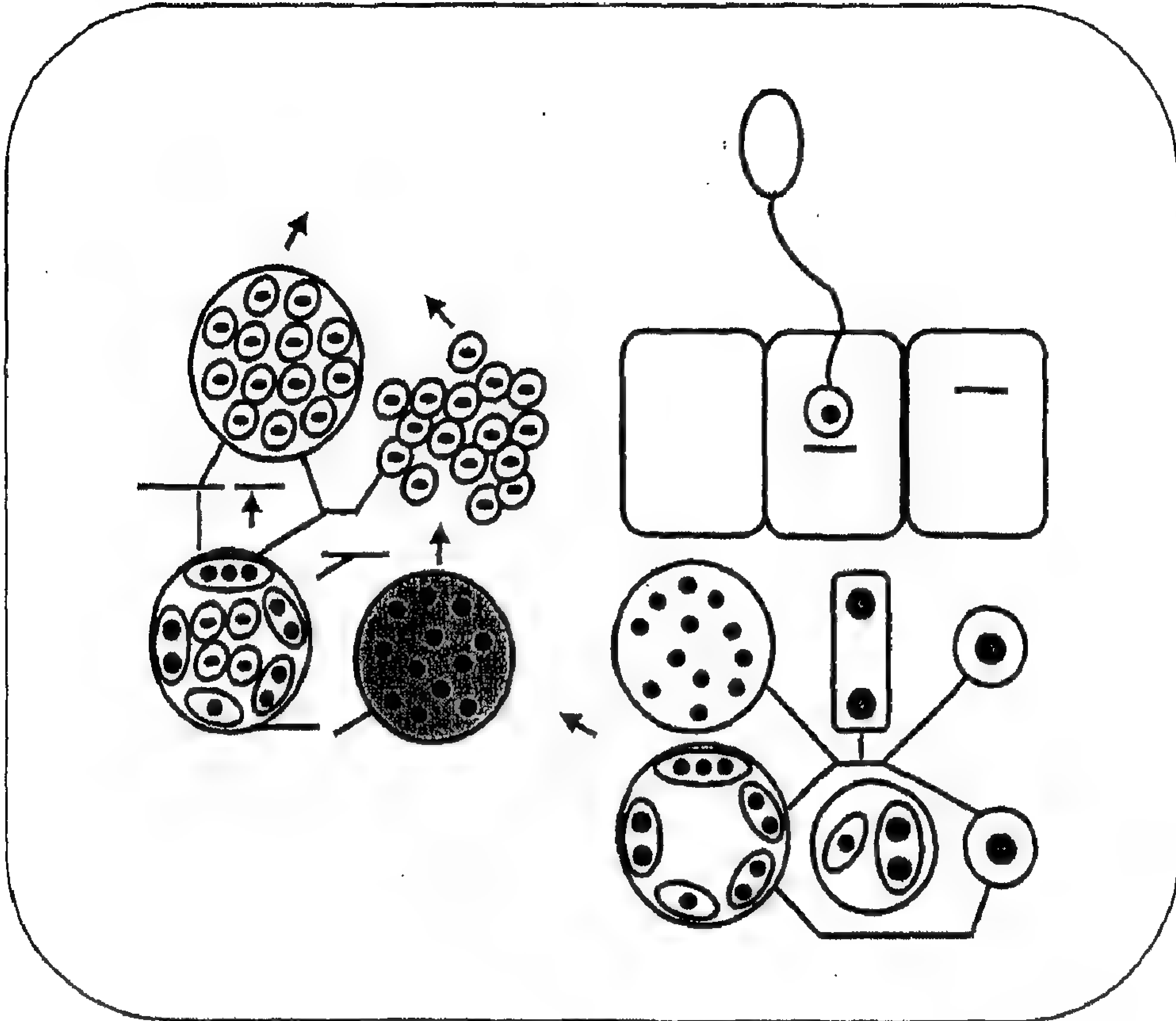
طور Merogony: في داخل العائل المناسب، فإن البلازم الجرثومي المتحرر من الجرثومة يصبح meronts، والميرونت جسم مستدير الشكل أو غير منتظم أو قد يكون على شكل خلية متطاولة ذات سيتوبلازم ضعيف التمايز محاط بالغشاء البلازمي. وللميرونتات نواة واحدة أو نواتان. يحدث داخل الخلية المصابة مرحلة من الإنقسام المتتالي عن طريق الإنقسام البسيط أو الإنقسام المتعدد وقد يحدث الإنقسام النووي دون حدوث إنقسام خلوي معطياً شكل بلازمويدي متعدد الأنوية.

طور Sporogony: تتحول الميرونتات إلى جراثيم والتي تتميز بغلاف خارجي كثيف، هذا الغلاف يتمايز مؤخراً إلى الطبقة الخارجية لجدار الجرثومة؛ هذه الأسبورونتات تتضاعف بالإنقسام البسيط أو المتعدد وتتجزأ إلى sporoblasts والتي سرعان ما تتحول إلى الجرثومة الناضجة، قد يكون للإسبورونتات نواة واحدة أو نواتين منفصلتين، بعض الإسبورنتات تنقسم مباشرة إلى إسبورنتات بالإنقسام البسيط، بينما البعض الآخر يصبح مرحلة بلازمويدية عديدة الأنوية.

الإسبوروبلاست أجسام بيضاوية والتي سرعان ما تصبح جراثيم عن طريق بناء عضيات الخلية. ويوضح شكل (٤-١-٤) دورة حياة الميكروسبوريدات.

جميع الميكروسبوريدات متطفلات إجبارية داخلية وليس لها مراحل نشطة خارج خلايا عوائلها. تعد هذه الكائنات قديمة النشأة وتوضع تطورياً في فرع مبكر جداً ربط بين أوليات النواة وحقيقيات النواة. تحتوي الخلية الميكروسبوريدية على الخواص المميزة لحقيقيات النواة، الريبوسومات (70S) وتحت الوحدات الريبوسومية (30S , 50S)، وتحت وحدات الحمض النووي RNA (23S , 16S) في حجوم تشبه حجوم حقيقيات النواة. وبالرغم من أن الميتوكوندريا والجسيمات البيروكسيمية وجهاز جولجي غير موجودة بالخلية، إلا أنها تعد حقيقيات نواة حقيقية لأن لها نواة مميزة وجهاز غشائي داخلي

وتنفصل الكروموسومات بالمغزل الميتوزي، كذلك يوجد التعدد الأدينيلي في mRNA كما هـو الشأن في جميع الكائنات المدروسة من حقيقيات النواة.



شكل (٤-١-٤): دورة حياة الميكروسبوريدات.

التقسيـــم

المصطلح "Microsporidia" هو مصطلح غير تقسيمي، ويطلق على الكائنات التي تنتمي لشعبة الميكروسبوريدات والتي وضعت لفترة طويلة في تحت مملكة Protozoa. في عام ١٨٨٢ قسم Balbiani هذه المتطفلات في مجموعة مستقلة "Microsporides". وقبيل منتصف القرن العشرين، عندما كانت المعلومات حول هذه الكائنات لا زالت متناثرة، كان تقسيم الميكروسبوريدات شديد البساطة ووضعياً، وبالتالي فإن تقسيم الميكروسبوريدات قد

تعرض لعدة تعديلات. إعتبر Larsson أن الكثير من الصفات الكلاسيكية المستخدمة في نظم التقسيم (مثلاً، إزدواجية الأنوية والفجوة الجرثومية ونظام الإنقسام النووي) قد استخدمت بصورة مستقلة في عدة خطوط، ويبدو أنها غير مفيدة لإجراء التحليل الفيللوجيني. وفي نظام تقسيم Larsson المعتمد على الاختلافات في التراكيب فائقة الدقة، تم تعريف الخواص تعريفاً دقيقاً، أدت لخلق شجرة فيللوجينية للميكروسبوريدات. إعتمد Weiser في تقسيمه على الحالة النووية فقط (نواة واحدة في Pleistophoridia أو نواتين في Nosematidia، بينما استخدم Issi الشكل المورفولجي وكذا الأطوار الخلوية.

وحتى عهد قريب، فإن نظام التقسيم الذي وضعه Sprague عام ١٩٧٧ وحدثه عام ١٩٨٢، كان الأكثر إنتشاراً، وفي هذا المخطط قسمت الميكروسبوريدات إلى مجموعتين، إستناداً لوجود أو غياب الغشاء الذي يحيط بالطفيل أثناء الإنقسام داخل خلية العائل، حيث يوجد الغشاء في Pansporobalstina ويغيب الغشاء في Apansporabaĺstina.

أما في النظم التقسيمية الحديثة، فإن الاختلافات في الدورة الكروموسومية تمثل الأساس العام لتمييز الأنواع. وعلى ضوء ذلك، فقد اقترح .Sprague et al ضرورة إجراء مراجعة مكثفة لنظم التقسيم. تعد الحالة النووية واشتراكها في دورة الكروموسوم، الخاصية الأساسية في للتقسيم.

وطبقاً لذلك، فقد قسمت الميكروسبوريدات إلى Dihaplophase والتي يتواجد فيها إزدواجية للأنوية في دورة حياتها و Haplophase والتي ليس لها أي مرحلة لازدواج الأنوية في دورة الحياة.

أوضحت الأشجار الفيللوجينية المصممة طبقاً لنتائج تتابعات DNA أن ما ذكر من تقسيمات لا يعكس العلاقات الحقيقية في الميكروسبوريدات، وأن تقسيم الميكروسبوريدات يحتاج إلى مراجعة.



فنتائج التتابع النيوكليوتيدي لتحت الوحدة الصغيرةssu rRNA للميكروسبوريدات التي تصيب الحشرات *Vairimorpha necatrix* أدت إلى الافتراض أن الميكروسبوريدات هي كائنات شديدة القدم وأن التطور أدى إلى بزوغ فرع الميكروسبوريدات مبكراً عن ذلك الذي أدى لحقيقيات النواة. أيدت نتائج دراسة تتابعات DNA لجينات بناء البروتين هذه النظرة، إلا أن المخططات الفيللوجينية المصممة طبقاً للنتائج المتحصل عليها من دراسة تتابعات α and β tubulin genes أثبتت أن الميكروسبوريدات شديدة الصلة بالفطريات، ويعتقد أنها قد نشأت من أشكال عالية الرقي. كذلك، فإن تحليل الجينات المشفرة Hsp 70 (Heat shock proteins أو الشابيرون Chaperonin) قد وجدت متماثلة في الميكروسبوريدات *Nosema locustae* , *Vairimorpha necatrix* , *Encephalitozoon hellem* , *E. cuniculi* وقد أظهر التحليل الفيللوجيني تماثل هذه الجينات، وأنها شديدة الإرتباط مع ذلك المشفر لبروتينات Hsp 70 من ميتوكوندريات حقيقيات النواة الأخرى، مما أدى إلى الاعتقاد أن هذه الكائنات قد نشأت من أشكال عالية التطور.

ويوضح الشكل (٤-١-٥) المخطط الفيللوجيني طبقاً لنتائج متتابعات ssu rRNA ومنه يتضح أن الأنواع التي تم دراستها تقع في أربعة تحت مجموعات هي:
Vairiomorpha , Encephalitozoon, Ichryosporidium, Endoreticulans, Nosema.

Saccharomyces cerevisiae
Tritrichomonas foetus
Vavraia sp.
Ichryosporidium sp.
Ameson michaelis sp.
Ichryosporidium group
Encephalitozoon intestinales
Encopalitozoon hellem
Encopalitozoon group
Vairimorpha necatrix
Vairimorpha sp.
Nosema vespula
Nosema apis
Nosema bombycis
Nosema trichoplusiae
Vairimorpha group
Enicrocytozoon bieneusi
Vittaforma comeae
Endoreticulatus schabergi
Pleistophora sp.
Endoreticulatus group

شكل (٤-١-٥): المخطط الفيللوجيني لبعض الميكروسبوريدات طبقاً لـ ssu rRNA.

يقترح Weiser (١٩٨٥) التقسيم التالي:

Phylum Microsporomycota

Class 1: Metchnikovellomycetes

الجراثيم كروية إلى عدسية الشكل، ذات فتحات على الناحية العريضة للجرثومة. يطلق الخيط القطبي جانبياً مكوناً pansporoblasts سميك الجدار. تحتوي هذه الطائفة على رتبة واحدة هي رتبة

Order Metchicovellales

والتي تضم الأجناس *Hessea*، *Chytridiopsis* ، *Metchnikovella*.

Class 2: Microsporomycetes

تضم أغلب الميكروسبوريدات، الجراثيم متطاولة أو أنبوبية، كما أنها تحتوي على خيط قطبي حلزوني طويل وقد يكون البلازم الجرثومي أحادي أو ثنائي الأنوية. وتضم الطائفة رتبتين:

Order 1: Glugeales (Peistophopidida)

الجراثيم وحيدة الأنوية، سميكة الجدار (بعضها مزدوجة الجدار السميك) الغالبية تصب مباشرة (perorally)، تضم الرتبة الأجناس:

Telomyxa, Pleistophra, Perezia, Glugea, Culicospora, Amblyospora, Telohonia.

Order 2: Nosemales

الجراثيم ثنائية الأنوية، طويلة، ضيقة، ذات أنوية إسطوانية متطاولة تلتف حول manubrium (الجزء القاعدي من الخيط القطبي). تضم الأجناس:

Marzekia, Caudospora, Octospora, Nosema

تتعدد أجناس الميكروسبوريدات ذات الأهمية الإقتصادية والطبية البالغة فالجنس *Nosema* *(N. comeum)* والذي أطلق عليه مؤخراً *Vittaforma comeae* يصيب الحشرات ويصيب الجنس *Pleistophora* الأسماك والحشرات. ومن الأجناس المرضة

للإنسان الجنس *Septata (Encephalitozoon)* الذي وجد في مرضى نقص المناعة المكتسبة AIDS. كما وجد الجنس *Pleistophora* مصاحباً لأعراض إلتهاب العضلات myositis ووجد النوع *Encephalitozoon hellens* مصاحباً لإلتهاب قرنية العين السطحي Superficial keratocojunctivitis في مرضى HIV، كما يوجد نفس النوع مصاحباً لإلتهاب الجيوب الأنفية Sinusitis وأمراض الجهاز التنفسي وكذلك مصاحباً لخراج البروستاتا Prostatic abscesses. وكذا في الإصابات المنتشرة بالجسم disseminated infections وهذه الإصابات تكون حساسة للمعاملة albendazole.

إتضح مصاحبة الأجناس *Microsporidium, Vittaforma, Nosema* لحالات إلتهاب حشية القرنية Stromal keratitis في مرضى نقص المناعة، كما ثبت مصاحبة النوع *Encephalitozoon bienteus* لسوء الإمتصاص malabsorption والإسهال وذلك في الإنسان. يسبب الجنس *Encephalitazoon (Septata)* إصابات داخلية في مرض AIDS وقد وجد في طبقة lamina propria في الشرايين والقناة البولية. ويعالج الإسهال بالمضاد الحيوي albendazole بجرعة قدرها ٤٠٠ ملليجرام مرتين يومياً.

أهم أجناس الميكروسبوريدات

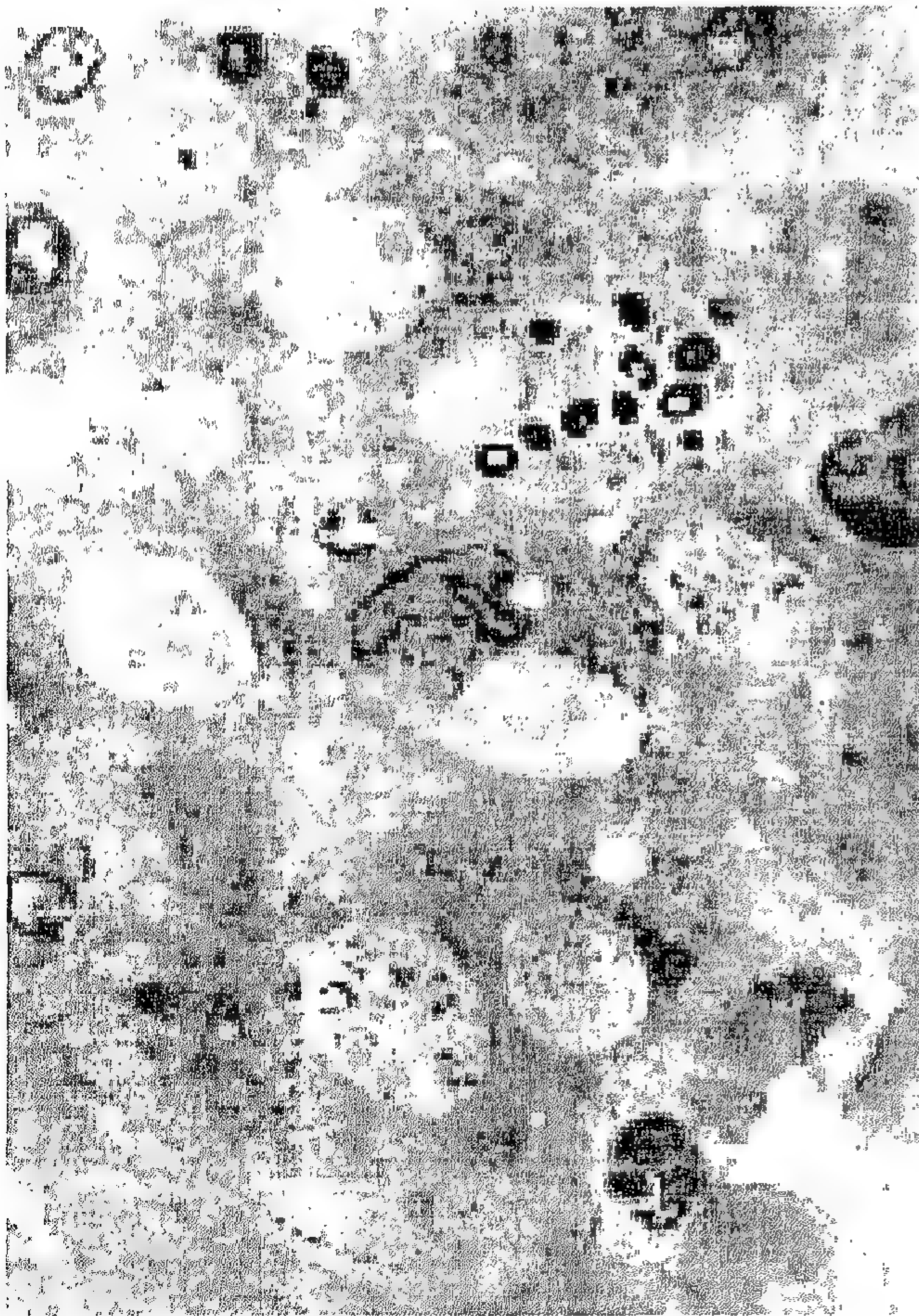
الجنس ***Enterocytozoon***: يضم الجنس نوعاً واحداً هو *E. bieneusi* ينمو الفطر ويتضاعف داخل سيتوبلازم العائل. للميرونتات مكونات داخلية ذات كثافة إلكترونية منخفضة والتي تتواجد على طول دورة حياة الفطر. الجراثيم بيضاوية.

عرف هذا النوع لأول مرة عام ١٩٨٥ بواسطة Modiglioni وآخرون، ثم وصف بالتفصيل بواسطة .Desportes et al عام ١٩٨٥، وذلك بعد فحص مريض AIDS يبلغ من العمر ٢٩ عاماً مصاباً بإسهال حاد في فرنسا، ثم وصفت حالة مشابهة في الولايات المتحدة

في نفس العام. بعدها تزايدت أعداد المصابين به في أوروبا وشمال وجنوب أمريكا وأفريقيا واستراليا. (شكل ٤-١-٦).

الجنس *Nucleospora*: عرف منه النوع *N. salmonis* لأول مرة عام ١٩٩١، حيث سبق وصفه على أنه *Enterocytozoon salmonis*.

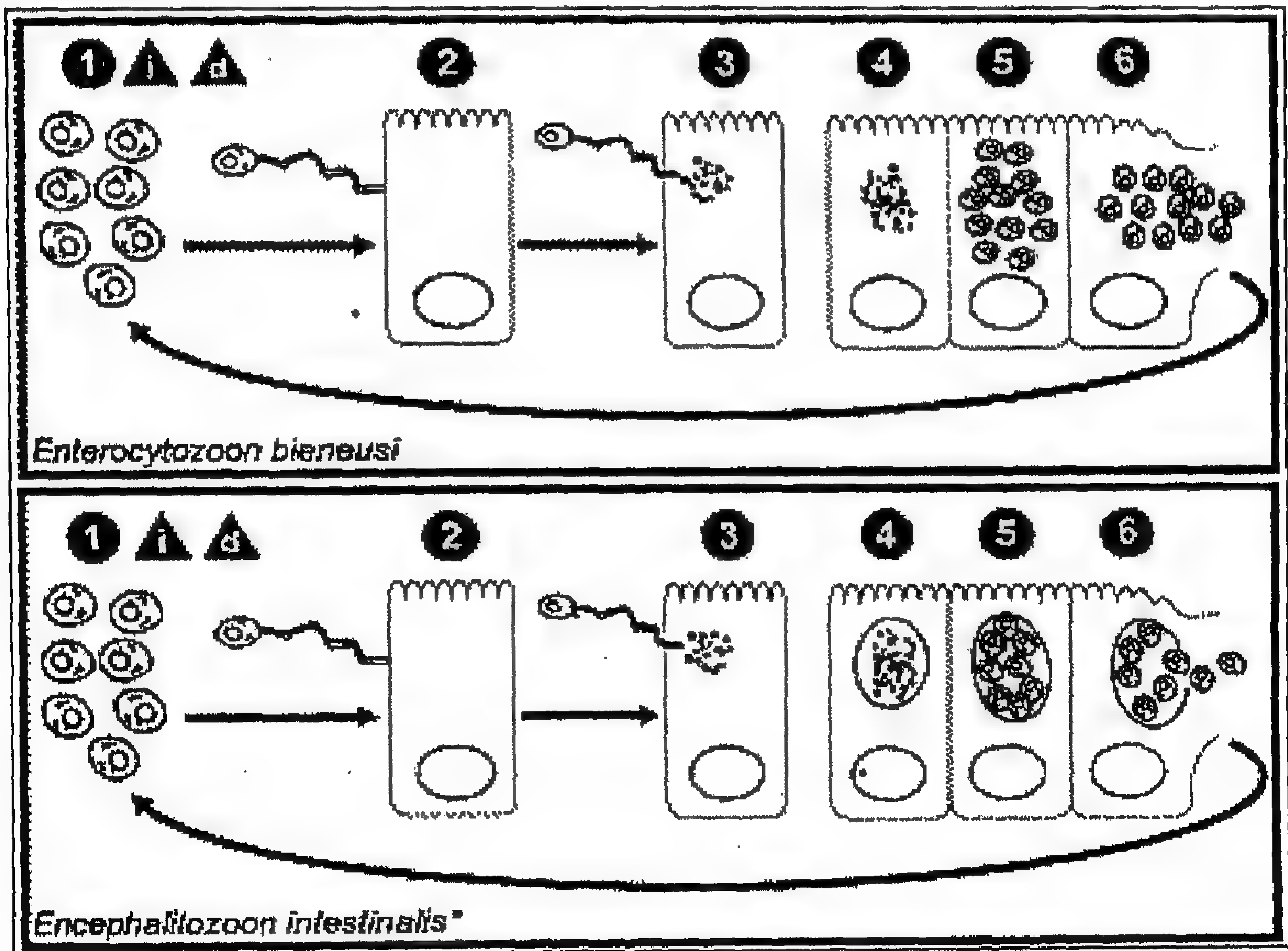
أوضح التكبير الفائق على تشابه شكلي بين *E. bieneusi* و *N. salmonis*، إلا أن النوع *N. salmonis* يتضاعف في النواة أكثر من كونه يتضاعف في السيتوبلازم ويصيب الأسماك أكثر من كونه ممرضاً للإنسان. وقد أكدت نتائج دراسة تتابعات rRNA على أن الجنس *Nucleospora* يختلف عن الجنس *Enterocytozon*.



شكل (٤-١-٦): قطاع بالميكروسكوب الإلكتروني للطبقة الطلائية للإثنى عشر لمريض مصاباً بالـ HIV شديد الإصابة بالنوع *Enteroeytozoon bieneusi*، تظهر عدة خلايا مصابة بالمراحل merogonic و sporogonic وخلية واحدة مصابة تحتوي على جراثيم واضحة الإصطباغ.

الجنس *Encephalitozoon*: تتم دورة حياة الأنواع التابعة لهذا الجنس حرة داخل السيتوبلازم أو داخل ما يسمى parasitophorus vacules (وهي عبارة عن فجوة محاطة بغشاء يتم فيها الفطر دورة حياته) (شكل ٤-١-٧)، الميرونتات تنقسم بالإنقسام البسيط، تتغطى الأسبورونتات بغطاء سميك والذي سوف يصبح سطح الجراثيم، تنقسم الإسبورنتات لتعطي الإسبوروبلاست وهذه سرعان ما تتحول إلى الجراثيم. يتفاوت حجم الجراثيم من ٢-٢,٥×١-١,٥ ميكرومتر وتلتف أنبوبة العدوى خمسة أو ستة لفات.

عرف أولاً النوع *E. cumiculus* كممرض للثدييات، فقد أكتشف أولاً في الأرانب عام ١٩٢٢، ثم ثبت إصابته للكثير من الثدييات بما فيها الإنسان.

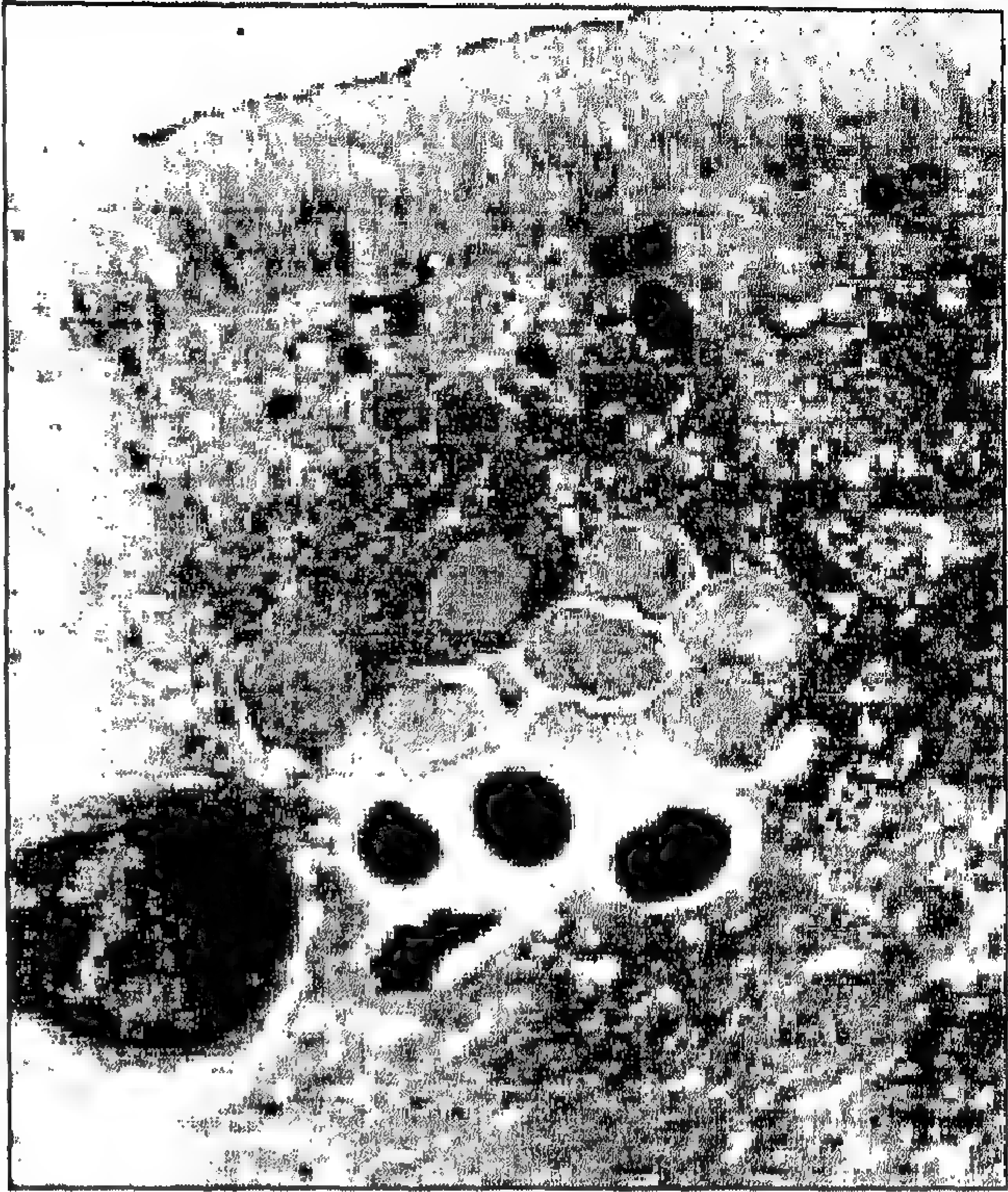


شكل (٤-١-٧): مراحل دورة حياة أنواع جنس *Encephalitozoon* المرضة للإنسان، الصورة العليا حيث يحدث إنقسام الميرونتات داخل سيتوبلازم خلية العائل (أ)، أو داخل الحوصلة الباراسيتوفورية (ب).

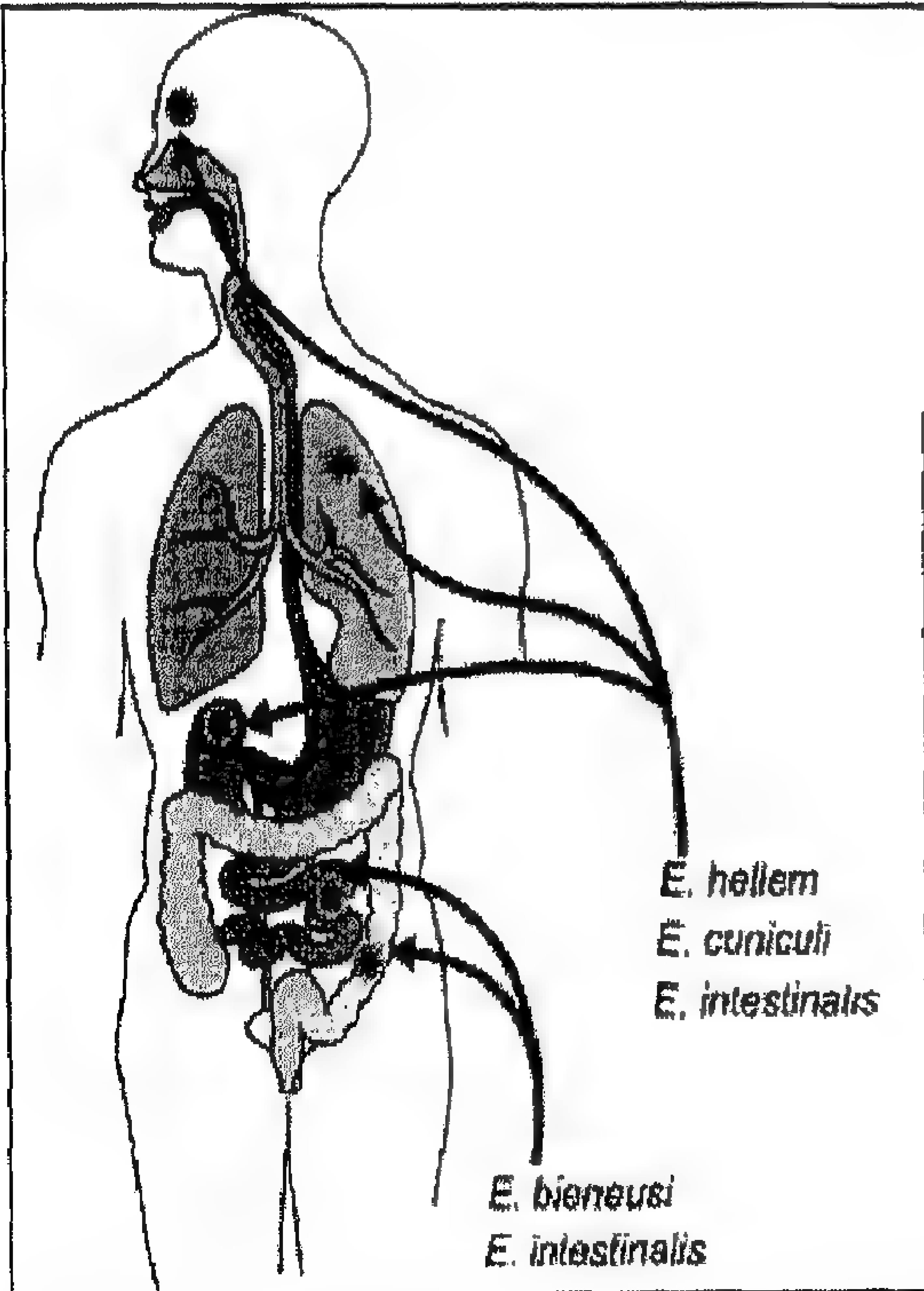
يصيب نوعان من هذا الجنس البشر وهما *E. cuniculi* و *E. hellen* وهما متماثلان شكلياً على ضوء الميكروسكوب الضوئي والإلكتروني. ويمكن التمييز بينهما فقط باستخدام الأجسام المضادة وتحليل الحمض النووي، وقد سجلت عدة إصابات بين المرضى المصابين بـ AIDS أو غير مصابين به، وقد أظهرت صور الميكروسكوب الإلكتروني أن هذه الإصابات ترجع للنوع *E. cuniculi*.

في عام ١٩٩١ استخدم Didier الطرق الكيموحيوية والأجسام المضادة لتعريف نوع جديد ينتمي لهذا الجنس وهو *E. hellem* والذي شوهد في ثلاثة مرضى بالـ AIDS وقد اتضح أن إصابات أنواع الجنس *Encephalitozoon* للبشر ترجع للنوع *E. hellem*، كما يوجد بعض الشك حول قدرة النوع *E. cuniculi* لإصابة البشر. ثبت بعد ذلك وجود حالتين من الشواذ جنسياً "والعياذ بالله" مصابين بالـ AIDS مصابين بالنوع *E. cuniculi* وقد ثبت صحة التعريف باستخدام الفلورسنت المناعي وتحليل DNA وقد وجد مؤخراً النوع *E. cuniculi* في عدة حالات مصابة HIV.

النوع ***E. intestinales***: يصيب مرض HIV: عرف لأول مرة عام ١٩٩٢ ثم تم وضعه في جنس جديد هو الجنس *Septata* النوع *S. intestinales* وذلك على أساس التراكيب فائقة التكبير. إلا أنه تم إعادة النوع للجنس *Encephalitzoon*. والفطر *E. intestinales* هو المرض الوحيد الذي يعمل على إفراز شبكة تحيط بالفطر النامي، لذلك تظهر الفجوة البارازيتوفورية مقسمة (شكل ٤-١-٨). ويوضح (شكل ٤-١-٩) مواقع حدوث الإصابة بالأنواع التابعة للجنس *Encephalitozoon* المرضة للبشر.



شكل (٤-١-٨): قطاع بالميكروسكوب الإلكتروني للطبقة الطلائية للإثنى عشر لمريض مصاباً بالـ HIV مصاباً بالفطر *Encephalitozoon intestinalis* حيث يظهر أحد الميرونتات ذو النواتين، أربعة أسبورونتات ذات الغشاء البلازمي السميك وأربعة جراثيم مفصولة بواسطة المادة الأمورفية التي تعمل على تجزئة الفجوة الباراسيتوفورية.



شكل (٤-١-٩):
مواقع حدوث الإصابة بأنواع جنس *Encephalitozoon*

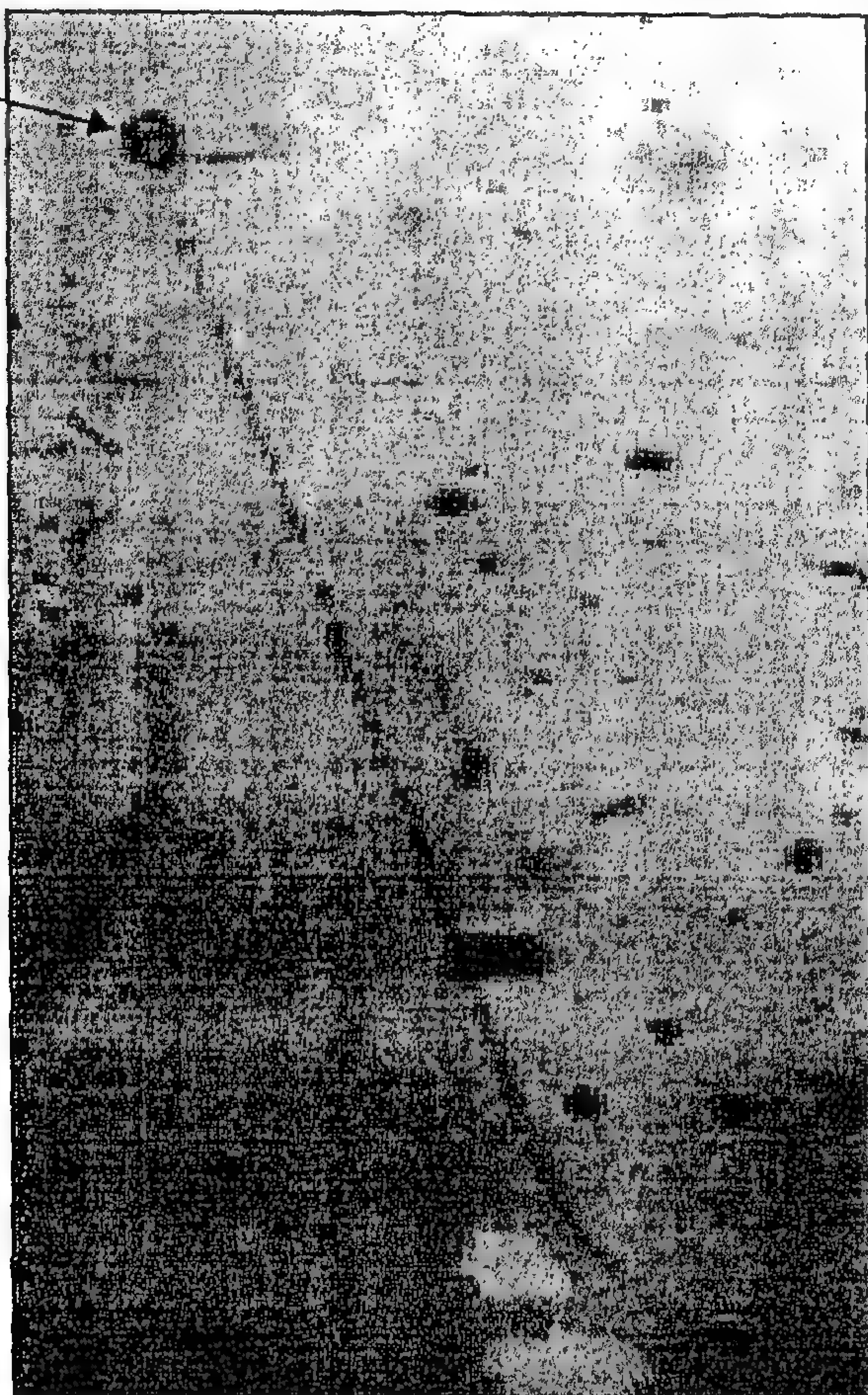
الجنس *Nosema*: تتطفل أغلب أنواع هذا الجنس على اللافقاريات. وتتطور مراحلها التكاثرية في سيتوبلازم الخلية، كما أنها مزدوجة الأنوية على طول دورة حياة الفطر.

وبالرغم من أن أنواع هذا الجنس واسعة الإنتشار. إلا أن القليل منها يصيب الإنسان. وقد سجلت حالة إصابة لطفل في الغدة الدرقية، حيث ظهرت في العينة التي أُخذت منه العديد من جراثيم الفطر الناضجة والغير ناضجة أبعادها ٤-٤,٥× ٢-٢.٥ ميكرومتر ذات نواتين وتحوي ١٠-١٢ لفة للأنبوبة القطبية، ولم يشاهد أطوار تطفلية أخرى، وتؤكد خواص الجراثيم أنها تنتمي للجنس *Nosema* أطلق عليه *N. connon*. كما سجلت إصابة بالنوع *N. ocularum* لمريض يبلغ من العمر ٣٩ سنة من ولاية أوهايو. توجد جراثيمة في السيتوبلازم أبعادها ٣-٥×٩-١٢ ميكرومتر ذات ٩-١٢ لفة للأنبوبة القطبية.

عزل فطر ميكروسبوريدي آخر من خلايا عضلات مريض بمرض HIV عمره ٣١ سنة، وقد وجد أن المرض يتطور في تلامس مباشر مع سيتوبلازم الخلية العضلية. يحتوي الفطر على نواة واحدة أو نواتين، أبعاد الجراثيم ٢,٥-٢.٩× ١.٩-٢ ميكرومتر ذات ٧-١٠ لفات للأنبوبية القطبية. وقد وجد أن هذه الصفات ترتبط بصفات الجنس *Nosema* أطلق عليه *Nosema-like microsporidia*.

ويوضح (شكل ٤-١-١٠) الفطر *Nosema algerae* مصبوغ بصبغة Giemsa، تظهر الأنبوبة القطبية خارج الجرثومة، كما يظهر البلازم الجرثومي في نهاية الأنبوبة.

ومن الإسبوريدات ذات الأهمية الإقتصادية المؤثرة على الإنتاجية النوع *Nosema apis* الذي يصيب حشرة نحل العسل ويسبب المرض المعروف nosemosis كما يطلق على المرض أيضاً nosema. المرض شائع الإنتشار في حشرات النحل البالغة. ومسبب المرض يقاوم الإنحرافات الحرارية العالية وكذا التجفيف، إلا أنه يمكن قتل جراثيم بتجميد المشط comb الملوث.



شكل (٤-١-١٠): صبغ جراثيم *Nosema algerae* بصبغة *Giemsa*، تظهر الأنبوبة القاذفة، كما يشير السهم إلى البلازم الجرثومي في نهاية الأنبوبة (تكبير X640) .

تتداخل أعراض الإصابة بهذا الفطر مع أعراض الإصابة بالأمراض الأخرى التي تصيب نحل العسل، وتشمل الأعراض: ضعف بناء الخلية في الربيع ، كما تصاب الحشرات بإسهال شديد يكون مصحوباً بدم مع البراز يطلق عليه dysentery، كما يلاحظ عدم إلتحام الأجنحة وحدوث إنتفاخ distended للأمعاء، ويلاحظ انعدام قدرة الحشرة على الوخز، كما يحدث سرعة إحلال للملكات supercedure، ويكون النحل الزاحف في مقدمة الخلية غير قادر على الطيران.

ومن الآفات ذات الأهمية الإقتصادية النوع *Nosema bombycis* الذي يهاجم دودة الحرير.

الجنس *Vittaforma* : في عام ١٩٩٠ وصف .Davis et al حالة رجل عمرة ٤٥ عاماً مصاباً منذ ١٨ شهر مضت بأعراض إلتهاب القرنية المركزي وحيد الجانب المتقزم. ثبت وجود جراثيم ميكروسبوريدية قياسها ١,٠×٣,٧ ميكرومتر أمكن التعرف عليها في الحشية العميقة لقرنية العين. عزل الفطر في مزارع خلايا. تحتوي الجرثومة على أنبوبة قطبية ذات ستة لفات ونواتين. عُرّف هذا الفطر على أنه نوع ينتمي للجنس *Nosema* أطلق عليه *N. comeum*. تم تسمية هذا النوع فيما بعد *Vittaforma comeae* وذلك طبقاً للتراكيب فائقة الدقة. والتي دعمت بنتائج دراسة تتابعات ssu rRNA وأدت لوضع الجنس *Vittaforma* بعيداً عن الجنس *Nosema*، ثم تم بعد ذلك تسجيل حالة إصابة بشرية بهذا الفطر في سويسرا.

الجنسين *Trachipleistophora* , *Pleistophora*: تعد أنواع جنس *Pleistophora* متطفلات عامة على الأسماك، وقد سجلت بضعة حالات إصابات بشرية به. حيث ثبت وجوده في العضلات الهيكلية لمرضى نقص المناعة. يتطور الطفيل داخل الحوصلة الأسبورفورية. يتراوح قطر الجراثيم من ٢,٠-٢,٨×٣,٠-٤,٠ ميكرومتر ذات ١٠-١٢ لفة حلزونية للأنبوبة القطبية.

تسبب بعض أنواع جنس *Trachipleistophora* حالات إلتهاب العضلات myositis في مرضى نقص المناعة، وهو ينتشر عن طريق الإفرازات الأنفية.

للميرونتات نواتين إلى أربعة أنوية تنقسم بالإنقسام البسيط، ويتضاعف الفطر داخل الحوصلة الإسبورفورية ومن أهم أنواعه *T. hominis* و *T. antropophora*.

الجنس *Microsporidium*: ومنه النوع *M. ceylonensis* والذي وجد في قرحة القرنية Corneal ulcer لطفل عمره إحدى عشرة سنة، أبعاد الجراثيم ١,٥-٣,٥٠٠ ميكرومتر ولم يشاهد له ميرونتات أو إسبورونتات، كما وجد النوع *M. africanum* في الحشية القرنية لامرأة عمرها ٢٦ سنة من بتسوانا تعاني من قرحة القرنية المثقبة perforated corneal ulcer. للجراثيم ١٥-١٦ لفة حلزونية للأنبوبة القطبية، قياس الجراثيم ٤,٥ × ١,٥ ميكرومتر ولم يشاهد للطفيل مراحل تطورية.

وبائية الميكروسبوريدات

أين يكمن مصدر العدوى بالميكروسبوريدات؟ من الصعب بمكان الإجابة على هذا السؤال، إلا أنه يعتقد أن الميكروسبوريدات تنساب من المرضى في البيئة عبر البراز والبول والإفرازات التنفسية. ويعتبر الأشخاص أو الحيوانات المصابة مصدراً محتملاً للعدوى.

ثبت تجريبياً أن الإصابة في الحيوانات التجريبية بالفطر *Encephalitozoon* يمكن إحداثها عن طريق الفم والقصبات التنفسية والمعي المستقيم، كما يمكن أن تنتقل الميكروسبوريدات من شخص لآخر، وفي الحالات المحكومة تجريبياً، فقد ثبت إنتقال الميكروسبوريدات عبر القولون مصاحباً للشذوذ الجنسي الذكري مما إفترض معه إمكانية الإنتقال عبر المسارات الجنسية، وقد اشتبه في حدوث العدوى من شخص إلى آخر أحدهما سالب HIV والآخر موجب HIV بالفطر *E. intestinales*، وهكذا، فقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك من العديد من الحالات أن الشذوذ الجنسي الذكري "والعياذ بالله" يعتبر سبباً هاماً في إنتقال الميكروسبوريدات من شخص لآخر.

لا يوجد دليل مباشر على إمكانية إنتقال الميكروسبوريدات من الحيوان للإنسان، باستثناء حالة طفلة عمرها ١٠ سنوات انتقلت إليها العدوى من كلبها المصاب بالفطر



E. cuniculi. وقد ثبت أن الحيوانات تحوي إحتياطي إصابات يمكن أن تنتقل إلى البشر. فقد وجد الفطر *E. cuniculi* شائع الإنتشار في الثدييات، كما وجد *Encephalitozoon* مصادفة في الببغاء المتيمة، كما أمكن إثبات وجود *E. hellem* في الببغاوات، كما تم الكشف عن وجود *E. intestinales* في بعض الحيوانات الثديية (الحمير - الكلاب - الخنازير - الأبقار - الماعز) في المكسيك، كما ثبت وجود النوع *E. bieneusi* في عينات من براز الخنازير والكلاب في سويسرا.

أمكن استخدام تقنية rRNA الكشف عن وجود إصابات بالفطر *E. hellem* في الطيور و*E. bieneusi* في الخنازير والكلاب والحمير و *E. intestinales* في مختلف الحيوانات. أثبت التحليل الجزيئي لبشر مختلفين وأرانب وكلاب وفئران والثعلب الأزرق على أن عزلات *E. cuniculi* المعزولة منهم لها نفس الصفات. وقد أدى ذلك لإفتراض أن إصابات البشر بالنوع *E. cuniculi* قد تكون منقولة إليه من الحيوانات.

تعد مفصليات الأرجل هي العوائل الشائعة للميكروسبوريدات، وقد أمكن إنجاز إصابة الفئران بواسطة البعوض الحامل للميكروسبوريدات *Nosema algerea* إلا أنه لم يعرف بعد هل يمكن للبعوض أن ينقل للبشر الميكروسبوريدات أم لا. وجدت عدة أنواع من الميكروسبوريدات في عينات الماء السطحي، أما هل تعتبر الميكروسبوريدات قاطنة للماء، فلم يعرف بعد. وقد ثبت باستخدام الطرق الجزيئية إثبات وجود *E. intestinales* و *E. bieneusi* و *V. comeae* في عينات الصرف الصحي الخام وكذا في السوائل بعد المعالجة، كما ثبت وجود هذه الفطريات في عينات الماء السطحي والمياه الجوفية في فرنسا والولايات المتحدة، وتتحدث بعض الآراء عن حدوث وباء بالميكروسبوريدات عن طريق الماء السطحي في ليون (فرنسا) خلال صيف ١٩٩٥.

ومن ناحية آخرى، ينتمي للميكروسبوريدات الكثير من الأنواع الواعدة في مجال المكافحة الحيوية للحشرات، وتعد إصابة الحشرات بالميكروسبوريدات من الأمور الشائعة الواسعة الإنتشار وهي المسئولة عن حدوث الموت المفاجئ في الحشرات. وفي هذا المجال تعد الميكروسبوريدات من الكائنات الضعيفة التأثير، حيث تحتاج إلى أيام أو أسابيع لكي تقضي على عوائلها، وهي تعمل على خفض معدل تكاثر الحشرات المصابة بها كما تقلل من قدرتها على التغذية أكثر من كونها قاتلة للحشرات. تصيب الميكروسبوريدات مجال واسع من الحشرات، وقد درست إمكانية أستخدامها كوسيلة ميكروبية لمكافحة الحشرات.

لكي تحدث الميكروسبوريدات فعلها فإنها يجب أن تؤكل بواسطة الحشرة، كما توجد وسيلة أخرى لإنتشارها في العشيرة الحيوية عن طريق المفترسات والمتطفلات، يدخل المرض جسم الحشرة عن طريق جدار الأمعاء ثم ينتشر لمختلف الأنسجة والأعضاء وأحياناً تسبب إنهيار النسيج المصاب.

الحشرات المصابة أضعف حركة وأصغر حجماً من الحشرة السليمة: ومع تقدم الطفيل تكون الحشرة المصابة غير قادرة على تحمل الظروف غير المواتية وغيرها من العوامل المميتة.

من أهم أنواع الميكروسبوريدات التي تستخدم في المكافحة الحيوية للحشرات

النوع *Perezia pyraustae = Nosema pyrausta* يصيب عدة أنواع من الحشرات منها ناخرات الذرة الأوربية، وهذا النوع من أهم وسائل مكافحة هذه الحشرة حيوياً، يمكن للعدوى أن تنتقل من يرقة مصابة إلى أخرى سليمة عن طريق البراز الملوث وعن طريق هجرة اليرقة المصابة بين النباتات.

النوع *Nosema locustae* وهذا النوع متوافر تجارياً، ويستخدم لمكافحة نطاطات

الأوراق وصرصار الليل، ونظراً لأن هذا المرض ضعيف التأثير لذلك، فإنه يستخدم للمكافحة على المدى الطويل.

طرق تشخيص الإصابات الميكروسبوريدية

يعتمد تشخيص الإصابة البشرية بالميكروسبوريدات على تعريف الجراثيم في العينات الطبية مثل عينات البراز أو عصارة الصفراء أو سائل الأثنى عشر أو البول أو إفرازات الملتحمة conjunctival smears أو الغسيل الرؤي أو البصاق أو النخامة أو الإفرازات الأنفية أو عينات الأنسجة. يعد الكشف عن الجراثيم في العينات الطبية من الأعمال الصعبة التي تتطلب وقتاً.

يتطلب التشخيص الدقيق للميكروسبوريدات إستخدام الميكروسكوب الإلكتروني، إلا أنه في الأعوام الأخيرة أمكن التوصل لطرق صبغ تناسب الميكروسكوب الضوئي، وبهذه التقنيات ثبت وجود الميكروسبوريدات في كل نسيج وسائل خلوي للمرضى المصابين به.

وبالرغم من أن وسائل التشخيص بالميكروسكوب الضوئي قد تحسنت كثيراً خلال الأعوام القليلة الماضية، إلا أن التمييز وتعريف الأنواع قد يكون مستحيلاً بهذه التقنية. لذلك فقد ظهرت طرق إستخدام الصبغ بالفلوروسنت المناعي وذلك للتميز بين أنواع الميكروسبوريدات، إلا أن الأجسام المضادة اللازمة لهذه التقنية لا تتوافر إلا في المعامل البحثية.

من الأمور الهامة زراعة الميكروسبوريدات في مزارع أنسجة، إلا أن هذه الطريقة لا تناسب التعريف المستمر، ذلك لأنها تتطلب جهداً ووقتاً ومعامل متخصصة. أمكن كذلك تطوير عدة إختبارات سيرولوجية للكشف عن الأجسام المضادة للميكروسبوريدات في المرضى المصابين بها، إلا أن حساسية وتخصص هذه الإختبارات ما زالت محل دراسة، بالإضافة

إلى أن هذا الاختبار لا يناسب المرضى المصابين بنقص المناعة المكتسبة.

وحديثاً يتم تقدير التتابع النيوكليوتيدي لمختلف الميكروسبوريدات والتي أدت بدورها لتطبيق الطرق الجزيئية لتشخيص الإصابات الميكروسكوبية.

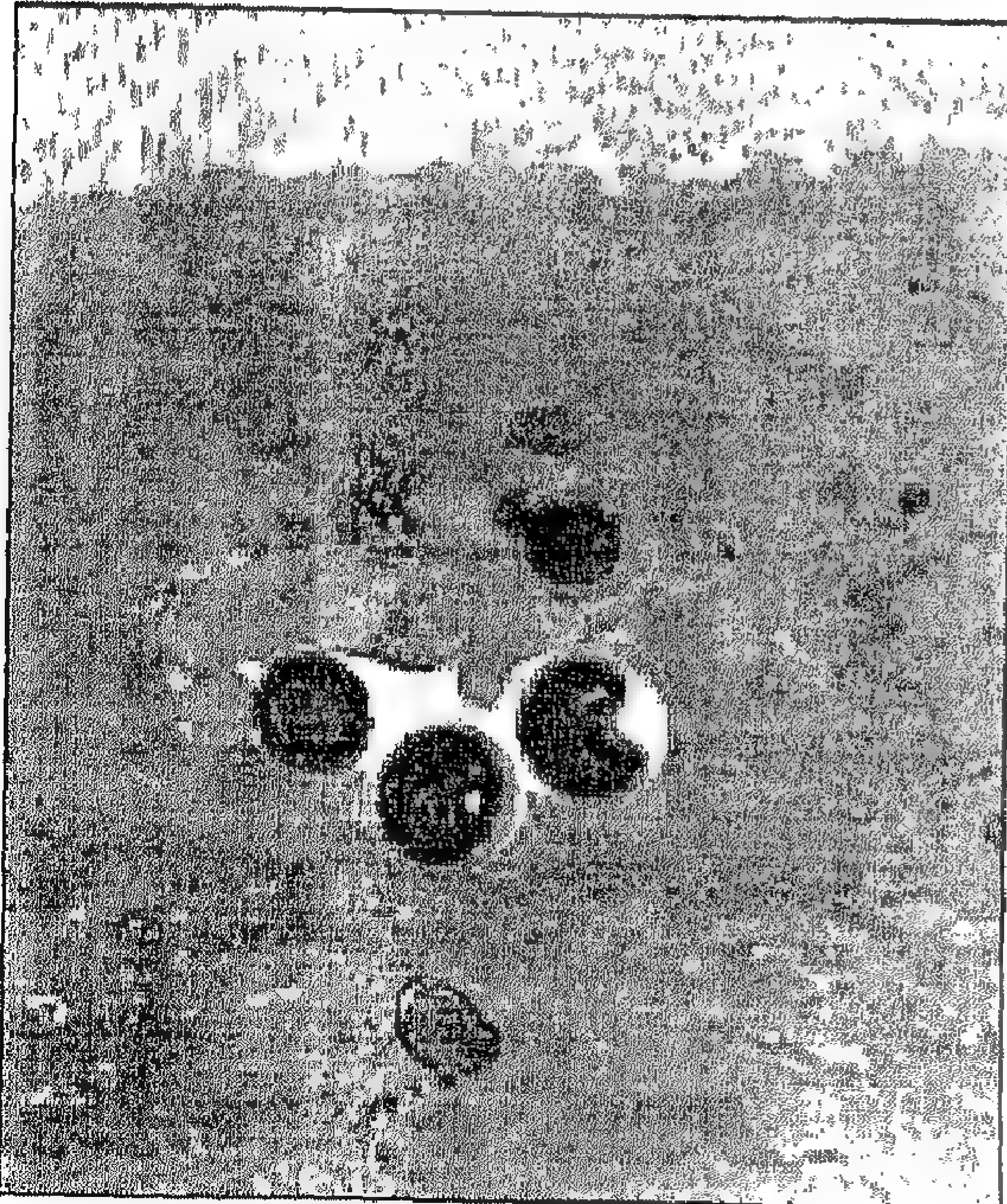
الميكروسكوب الإلكتروني

Transmission electron microscopy

يتطلب تعريف الميكروسبوريدات في الأساس استخدام الفحص فائق التكبير للعينات وذلك لصغر حجم هذا الكائن من جهة وضعف تلونه وتفاوت خواصه الطبيعية.

يمكن باستخدام هذه الطريقة إظهار التركيب المتفرد للجراثيم ذات الأنبوبة القطبية الحلزونية، وبهذه الطريقة يمكن تعريف الميكروسبوريدات حتى مستوى الجنس أو إلى مستوى النوع إعتماداً على الخواص فائقة الدقة للجراثيم والأشكال التكاثرية وطرق الانقسام وموقعه في الخلية. كما يمكن أن يشاهد في الأنسجة جميع مراحل دورة الحياة (شكل ٤-١-١١).

ويوضح الجدول التالي خواص أنواع الميكروسبوريدات التي تصيب الإنسان.



شكل (٤-١-١١): صورة بالميكروسكوب الإلكتروني للطبقة الطلائية للإثنى عشر لمريض مصاباً بالـ HIV مصاب بالفطر *Encephalitozoon cuniculi*، حيث يظهر اثنان من الميرونتات تحوي كل منهما نواة واحدة، كما تظهر أربعة اسبورنتات ذات غشاء بلازمي رقيق كما تظهر الشبكة البلازمية الداخلية جيدة التكوين وأربعة جراثيم داخل الفجوة الباراسيتوفورية.



جدول (٤-١-١): يوضح خواص الميكروسبوريدات المرضة للإنسان

الخاصية	*E. bienensi*	*Encephalitozoon spp.*	*Nosema sp.*	*V. corneal*	*Pleistophora spp.*	*Trachipleistophora spp.*
حجم الجراثيم (um)	1.1-1.6 × 0.7-1.0	2.0-2.5 × 1.0-1.5	2.5-5 × 2-2.5	3.05-4.55 × 0.77-1.27	3.2-3.4 × 2.8	4 × 2.4
عدد لفات الأنبوبة القطبية	5 - 7	5 - 7	7 - 12	5 - 7	9 - 12	11
ترتيب الأنبوبة القطبية	صفين	صف واحد	صف واحد	صف واحد	صفين	صف أو صفين
عدد الأنوية	أحادية	أحادية	نواتين	نواتين	نواتين	أحادية
الفجوة	في تلامس مباشر مع سيتوبلازم العائل	فجوة باراسيتوفورية مقسمة في الأنواع *E. intestinales*	لا توجد فجوة، في تلامس مباشر مع سيتوبلازم العائل	لا توجد فجوة، في تلامس مباشر مع سيتوبلازم العائل	توجد فجوة باراسيتوفورية	توجد فجوة باراسيتوفورية
خواص خاصة	توجد محتويات باهتة إلكترونيا، تتطور الأنبوبة القطبية في sprouts		Diplosporoblastic sporogony	Tetrasporoblastic sporogony. bond like spronts. جميع مراحل تكوين محاطة بحوافظ من الشبكة البلازمية الداخلية للعائل	يتكون بلازموديوم متعدد الأنوية	لا يوجد بلازموديوم متعدد الأنوية، يوجد نوعان من الحوصلة الاسبوروفورية، تتكون الجراثيم أثناء التطور في النوع *T. antropophtera*

الميكروسكوب الضوئي

Light microscopy

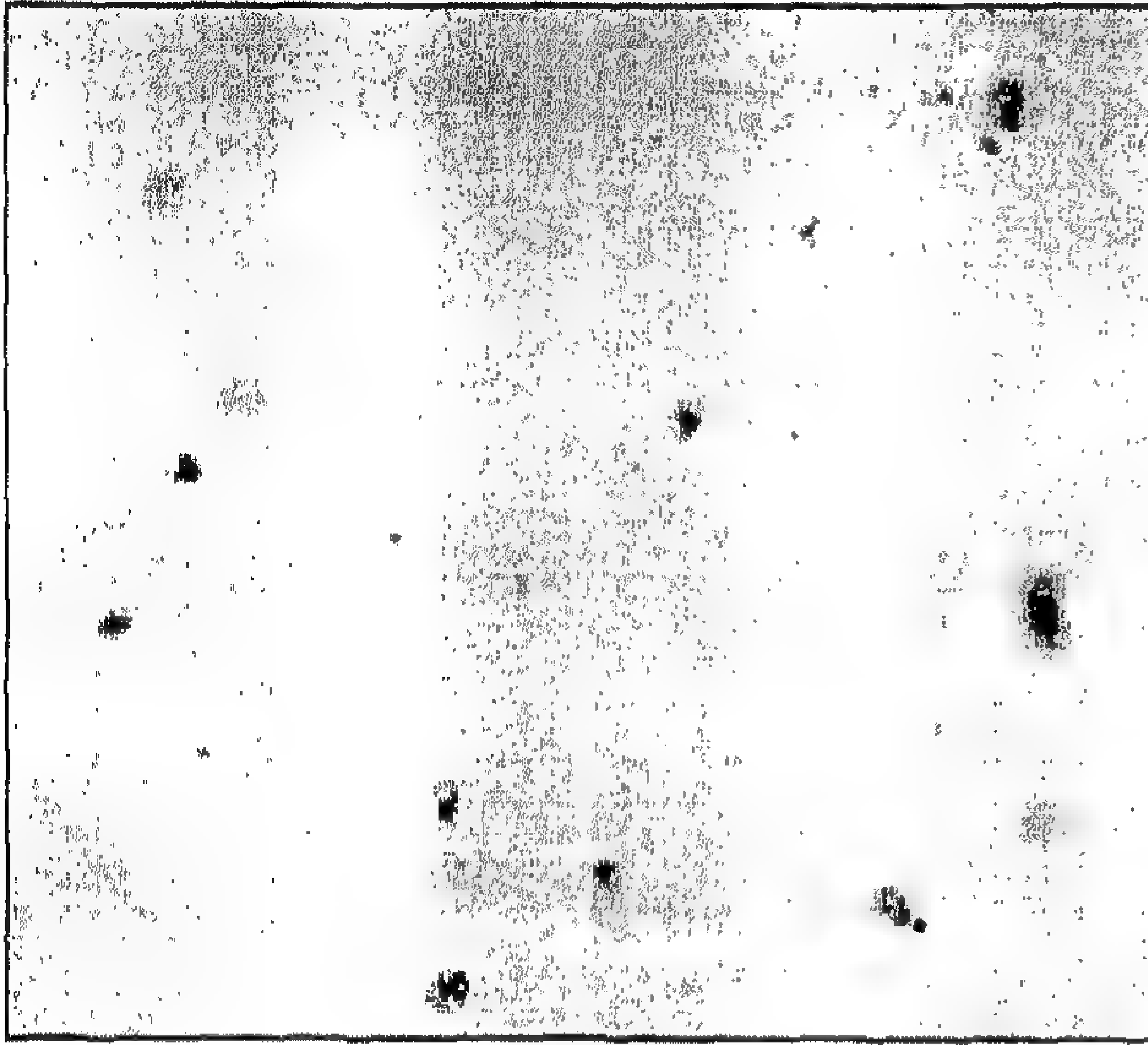
يستخدم الفحص الهيستولوجي للعينات أو لسوائل الجسم بالميكروسكوب الضوئي لتشخيص الإصابات الميكروسبوريدية. إلا أنه يصعب بهذه الطريقة تحديد الفروق بين الأجناس والأنواع.

ونظراً لأن سطح الجراثيم يتركب من مادة بروتينية والطبقة الداخلية للجدار شيتينية. لذلك. فإن صبغات مثل صبغة جرام وصبغة Giemsa وصبغات Trichome وكذا الصبغات الفلوريسنتية قد استخدمت لصبغ جراثيم الميكروسبوريدات. ولم يصبح الفحص الميكروسكوبي لسوائل الجسم عملاً روتينياً حتى أمكن تطور نظم الصبغ بإستخدام chromotrope-based وكذا الصبغات الفلوروسنتية.

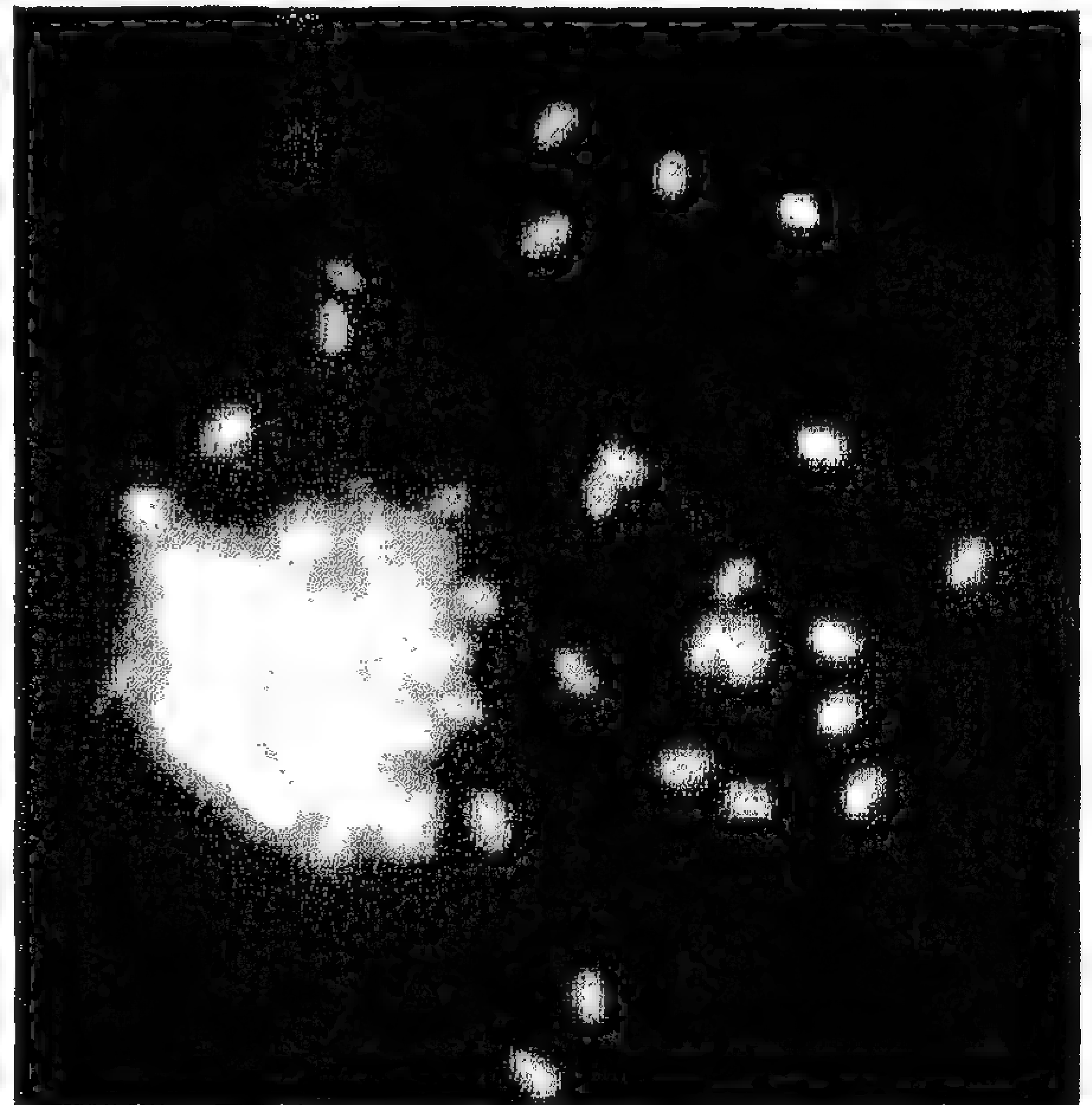
طور .Weber et al طريقة الصبغ المعتمدة على الإنجذاب الكرومي وذلك لإظهار الجراثيم في عينات البراز وسوائل الجسم. وفي هذه التقنية حدث تغيير في نسبة trichome مع تركيز chromotrop 2R، حيث يكون تركيز الأخيرة أعلا عشرة مرات عن تلك المستخدمة في صبغة trichome. حيث تظهر الجراثيم مصبوغة بلون أحمر قرنفلي مميز في تكبير X1000، يصطبغ الجدار بلون أحمر كثيف، كما يظهر بعض الجراثيم شرائط حبيبية. كما قد تكون الجراثيم مائلة أو إستوائية. ويوضح (شكل ٤-١-١٢) جراثيم الفطر *Encephalitozoon cuniculi* في المسح الشرجي لمريض مصاب HIV وإصابته منتشرة بالجسم. بإستخدام طريقة تعتمد على الإنجذاب الكرومي المعدلة.

يعد إستخدام الصبغ بالـ epifluoresence في وجود optical brighners من القفزات الهامة في تشخيص الميكروسبوريدات وذلك في سوائل الجسم وإفرازاته. من هذه الصبغات الفلورسينتية تستخدم صبغة uvitex 2B أو Calcofluor أو Fungiflour (تتركب من أبيض

الكالكيفلور في ١٠٪ KOH). يعد الصبغ بأبيض الكالكيفلور سهلاً وميسوراً، إلا أنـه يعطـي خلفية كبيرة مصبوغة، ويتطلب الفحص إستخدام ميكروسكوب فلوروسنتي ذو مجـال طيفـي ٣٥٠-٣٨٠ nm مع عدسة شيئية عالية التكبير (X1000) يرتبط الفلوركروم مع طبقة الشـيتين داخل جدار الجرثومة وتتوهج العينة في الطول الموجي uv، كما يوضح الشكل (٤-١-١٣).



شـكل (٤-١-١٢): جـراثيم الفطـر *Encephalitozoon cuniculi* في المسح الشرجي لمريض مصاباً HIV ذو إصابة منتشـرة بالجسـم. تم الصبـغ بالطريقـة المعتمـدة علـى chromotrope المعدلـة (تكبير × 870).



شـكل (٤-١-١٣): جـراثيم الفطـر *Encephalitozoon intestinales* من مزرعـة in vitro، تظهـر تحـت الميكروسـكوب الفلورسـتي بعـد الصـبغ بصبغة uvitex 2B (تكبير × 1000).

التشخيص الهستولوجي بالميكروسكوب الضوئي

يعتمد الإظهار الحقيقي للميكروسبوريدات بإستخدام الميكروسكوب الضوئي على التفاوت الواضح بين الجراثيم والمكونات الخلوية. يعد الصبغ الروتيني بإستخدام صبغة hematoxylin و eosin لصبغ المرض في الأنسجة من الأمور البسيطة نسبياً، كما تستخدم صبغات جرام مثل Brown-Brenn أو Brown-Hopps من الصبغات التي يسهل إستخدامها في عينات الأنسجة المطمورة في شمع البارافين. تظهر الجراثيم زرقاء داكنة أو حمراء ضد لون بني مصفر باهت (الخلفية)، كما يستخدم لصبغ الأنسجة الصبغ الفلوروسنتي مع optical brighners، حيث تتميز هذه الصبغة بحساسيتها الفائقة، كما أنها تتميز بتوالفها مع صبغات أخرى مثل الصبغات المحتوية على الفضة warthin-starry وكذا الطريقة الكرومورفورية المعدلة. ويوضح (شكل ٤-١-١٤) جراثيم الفطر *Enterocytozoon bieneusi* مصبوغة بصبغة uvitex 2B داخل عينة شمع البارافين.



شكل (٤-١-١٤): عينة من البارافين من مريض مصاب بالـ AIDS معوياً بالفطر *Enterocytozoon bieneusi*، تظهر جراثيم الفطر بوضوح داخل enterocyst. الصورة بالميكروسكوب الفلورسنتي بعد الصبغ بصبغة uvitex 2B.

يمكن صبغ القطاعات شبه فائقة الدقة semithin sections المطمورة في resin بصبغات مختلفة مثل eosin و hematoxylin و Giemsa أو Toluidin blue أو methyleneblue-azure أو basic fuchsin والتي تعمل على أظهار الجراثيم ومراحل تطور المرض داخل الأنسجة. ويوضح (شكل ٤-١-١٥) صبغ قطاع مطمور في الريزين لمريض مصاب بالفطر *Enterocytozoon bieneusi*.



شكل (٤-١-١٥): قطاع شبه رقيق (1 um) مطمورة في Resin للغشاء المخاطي للأثنى عشر من مريض AIDS وإصابة معوية بالفطر *Enterocytozoon bieneusi*. تحتوى الخلايا الطلائية على جراثيم الفطر مصبوغة بصبغة التلويدين (تكبير × 800).

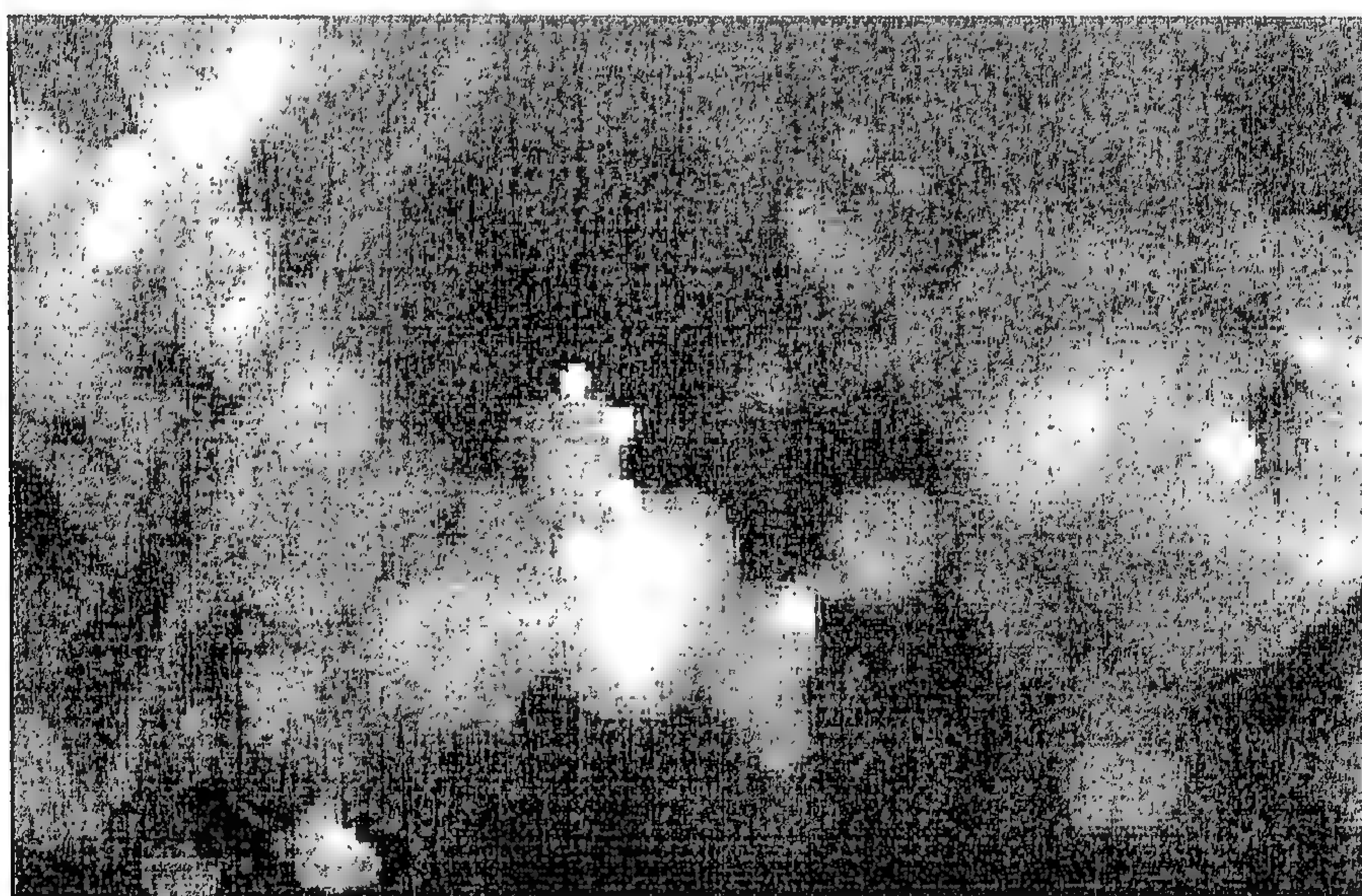
الطرق المعتمدة على الأنتيجين

Antigen based methods

استخدمت الأجسام المضادة المتخصصة للميكروسبوريدات في إختبار الفلورسنت المناعي وذلك لتشخيص وتحديد الأنواع، وقد استخدمت بنجاح الأجسام المضادة متعددة النسيلة polyclonal وكذا وحيدة النسيلة monoclonal في إختبار western blot بنجاح لكثير من أنواع الميكروسبوريدات.

أوضح إختبار الأجسام المضادة – المناعة الفلوروسنتية للـ antisera متعددة النسيلة للفطريات *E. hellem* و *E. cuniculi* و *E. intestinales* المنتجة في الفئران أو الأرانب أن عدة أنواع من الميكروسبوريدات تبدي ظاهرة التفاعل المناعي المتداخل، لذلك، فإن التعريف حتى مستوى النوع بهذه الطريقة يعد من الأمور المستحيلة لوجود ذلك التداخل بين antisera.

أمكن تطوير عدة أجسام مضادة وحيدة النسيلة ضد *E. hellem* أو *E. cuniculi* أو *E. intestinales* متخصصة للأنتيجينات الجرثومية. ويوضح (شكل ٤-١-١٦) صبغ مناعي فلوروسنتي غير مباشر لجراثيم الفطر *Encephalitozoon cuniculi*.



شكل (٤-١-١٦): صبغة الفلورسنت المناعية غير المباشرة *Encephalitozoon cuniculi* لجراثيم الإفراز الأنفي لمريض مصاب HIV ذو إصابة منتشرة، بإستخدام الأجسام المضادة متعددة النسيلة لنفس الفطر. التكبير (× 400).



مراجع للاستزادة

- Balbini, G. 1882. sur les Microsporidies ou psorospermies des articules. C.R. Hedb séances Acad Sci Paris 95: 1168-1171.

- Baldauf, S.L. and J.D. Palmer. 1993. Animal and fungi are each other's closest relatives: congruent evidence from multiple proteins. Proc. Naut. Acad. Scie. (USA) 90:11558-62.

- Barr, D.J.S. 1992. Evaluation and kingdoms of arganisma from the perspective of a mycologist mycologia. 84:1-110.

- Berbee, M.L., and I.W. Taylor. 1992. Two ascomycete classes baced on fruiting – body characters and ribosomal DNA sequences. Molecular biology and evolution. 9:278-284.

- Boucias, D.G: and pendland, J.C. 1998. Principles of insect pathology. Kluwer Academic Publ. Boston. 548 PP.

- Bruno, T.D., T.J. White, and J.W. Taylor. 1991. Fungal molecular systematics. Ann. Rev. of Ecology and Systematics. 22:525-546.

- Bullerwell, C.E. and Lang, B.F. 2005. fungal evolution : the case of the vanishing mithochondrion. Current Opinion in Microbiology 8: 362-369.

- Cavalier-Smith, T. 1983. Asix-Kingdom classification and a unified phylogeny. In: Schenk, H.E.A. and W.S. Schwemmler, eds. Endocylobiology II.de Gruyter, Berlin. PP. 1027-1034.

- Cavalier-Smith, T. 1987. Eukaryotes with no mitochondria Nature 326: 332-333.

- Cavalier-Smith, T. 1987. The origin of fungi and pseudo fungi. Pp. 339-353. In: Evolutionary biology of the fungi. Eds. A.D.M. Rayner, C.M. Brasier, and D. Moore. Cambridge university press.

- Desportes, I,Y. Le charpeutier, A., Galian, F. Beruard, B. Cochand Priollet, A. Lavergue, P., Ravisse, and R. Modigliaui, 1985. Occurrence of a new microspoeridian *Enterocytozoon bieuevsi*, n.sp. in the enterocytes of a human patient with AIDS.J. Protozool 32: 250-254.

- Fast, N.M., J.C. Kissinger, D.S. Roos, and P.J. keeling. 2001. Nucleareucodeal, plastid-targeted genes suggest a single commcn origin for anpicomplexan and adinoflagellates. Journal of Molecular Evolution. PP 18: 418-426.

- Franzen, C., and A. Muller. 1999. Molecular techniques for detection, species differentiation and phylogenetic analysis of microsporidia. Clinical Microbiology Reviews, 12: 243-285.

- Fuxa, J.R.and Tanada, Y. 1987. Epizootiology of insect diseases. Wiley Interscieuce Publ. NY 555 PP.

- Grell.K.G. 1973. Protozoology. Springer-verlag. New York.

- Hass. H., T.N. Taylor, and W. Remy. 1994. Fungi from the lower devonian rhynie chert – mycoparasitism. American Journal of Botany. 81: 29-37.

- Issi, I.V. 1986. Microsporidia as a phylum of parasitic protozoa. Acad Sci. USSR 10: 6-136.

- Keeling, P.J. 2003. Congruent evidence from α-tubulin and β-tubulin gene phylogenies for a zygomycete origin for microsporidia. Fungal Genet. Biol. 38: 298-309.

- Kudo, R.R. 1966. Protozoology. 5th ed. Charles C. Thomas Publisher. Springfield.

- Larsson, R. 1986. Ultrastructure, Function, and classification of Microsporidia. Prg. Protistol. 1: 325-390.

- Margulis, L., and K.V. Schwartz. 1998. five kingdoms. An illustration Guide to the phyla of life on earth: 3th ed, W.H. Freeman, New York.



- Modigliani, R., C. Bories, Y. Le charpentier, M.Salmeron, B. Messing, A.Galian, J.C. Rambaud, A. Lavergue, B. Cochaud Priollet, and I. Desportes. 1985. Diarrhoea and Malabsorption in acquired immuue deficiency syudrome: a study of four cases with special emphasis on opportunistic ptotozoan infestations. Gut 26: 176-187.

- Patrick J. Keeling. 2000. Evidence from Beta-tubulin phylogeny that Microsporidia evolved from Within the Fungi. Molecular Biology and evolution 17: 23-31.

- Patterson, D.J. 1999. the diversity of eukarytes: American Nsturalist. 154 (suppl.): 596. S 124.

- Ragan, M.A., C.A. Murphy, and T.G. Rand. 2003. Are Ichyosporea animals or Fungi? Baysean phylogenetic analysis of elongation Factor of Ichthyophonus irregularis. Molecular phylogenetics and Evolution.29: 550-562.

- Remy, W., T.N. Taylor and H. Hass. Early deveonian fungi – with sexual reproduction. American Journal of Botany. 81,690-702.

- Sprague V., J.J. Beucuel, and E.L. Hazard. 1992. Taxonomy of phylum microspore. Crit. Rev. Microbiol18: 285-395.

- Sprague V., and J. Vavra. 1977. Systematics of the microsporidia, P. 1-510. In L. A. Bulla, Jr., and T.C. cheg (ed), comparative pathohiology, vol2. plenum press, New York, N.Y.

- Taylor, T.N., J. Galtier, B.J. Axsmith. 1994. Fungi from the lower carboniferous of central France. Rev. of Paluebotany and Palynology. 83,253-260.

- Taylor, T.N., W. Remy, H. Hass. 1994. Allomyces in the devonian. Nature. 367,601-601.

- Tudge, c. 2000.the variety of life, a survey and a celebration of all the creatures that have ever lived. Oxford University press. New York.

- Wang, Z,Orlandi, P.A., and stinger, D.A. 2005. Simultaneous detection of four human pathogenic microsporidian species from clinical samples by oligonucleotide microarray. J. Clin. Microbiol. 43: 4121-4128.

- Weiser, J. 1993.Early experienes with microsporidia of man and mammals. Folia Parasitol. (Prague) 40: 257-260.

- Weiser, J. 1985. Phylum Microspora. In: Lee, J.J., S.H. Hunter, and E.C. Bovee, eds. AU Illustrated Guide to the protozoa. Allen Press, Lawrence, Kansas. PP. 375-383.

٤-٢ تحت مملكة ماستيجوميكوتينا

Subkingdom Mastigomycotina

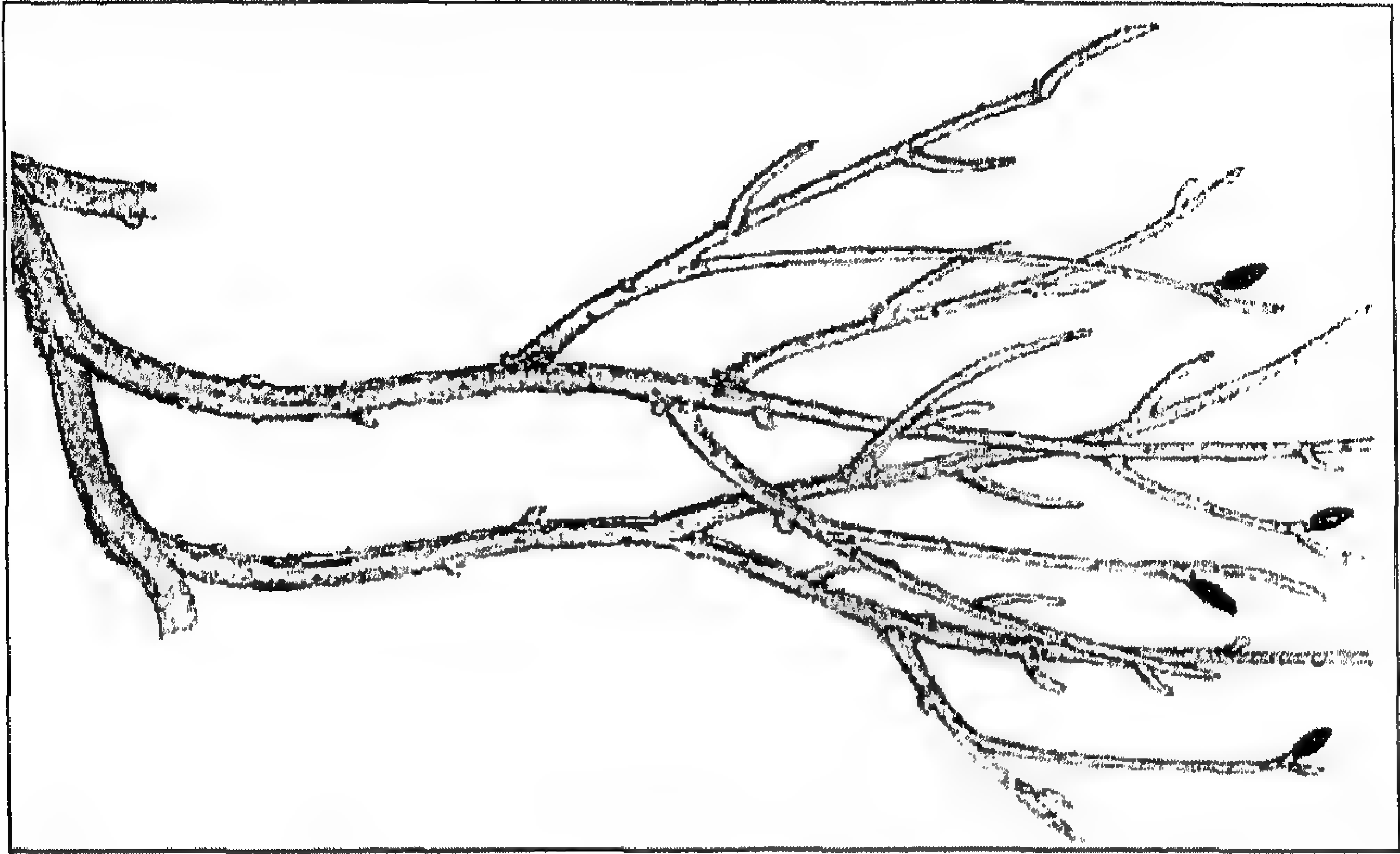
٤-٢-١ شعبة الفطريات الكيتريدية

Phylum Chtridiomycota

تُعد أقدم الحفريات التي عرفت للفطريات حتى الآن هي نوع شبيه بـ Chytrid وذلك من العصر الفندي Vendian وقد عثر عليها شمال روسيا. وأقدم الحفريات التي عثر عليها في العصر ما قبل الكمبري يقدر عمرها ٣,٤٦٥ بليون سنة (Ga) وقد عثر عليها في منطقة Apex Chert بقارة أستراليا، وهي عبارة عن مستعمرات للبكتريا الخضراء المزرقة Cyanobacteria.

ومن المثير للدهشة، أنه قد تم التعرف على حفريات كيتريدية دقيقة من العصر الديفوني Devonian وتتواجد جنباً إلى جنب مع ممثلي مجاميع الفطريات الرئيسية. بعض حفريات الفطريات من العصر الديفوني هي متطفلات على *rhyniophytes*، وهي نباتات تمثل أولى النباتات الوعائية التي ظهرت على الأرض، تفتقر إلى الأوراق والجذور وأن الجسد هو سيقان متفرعة تقوم بالتمثيل الضوئي على طول الساق، يوجد بالساق أنسجة وعائية تترتب في حزمة مركزية. النبات يتفرع تفرع ثنائي وقد ظهر في العصر الديفوني، تحمل الساق أكياساً جرثومية في أطرافها مغزلية الشكل (٤-٢-١-أ). ويوضح شكل (٤-٢-١-ب) حفرية الجرثومة لنبات *Aglaophyton* مصابة بأحد الفطريات الكيتريدية.

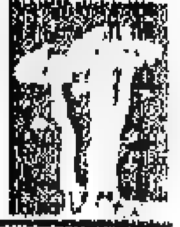
ومن حفريات العصر الديفوني حفرية تمثل الجنس *Allomyces* في شكله وهيئته وله الخواص التكاثرية لهذا الجنس، كما وجدت كذلك حفريات كيتريدية تمثل أفراد رتبة Spizellomycetales (فطريات الكرش) وهي أحد رتب شعبة الفطريات الكيتريدية، مما أدى إلى افتراض أن الفطريات الكيتريدية قد تمايزت في هذا التاريخ المبكر.



شكل (٤-٢-١-أ): نبات *Aglaophyton* وهو يمثل rhyniophtes والذي ظهر في العصر الديفوني.



شكل (٤-٢-١-ب): جرثومة من نبات *Aglaophyton* مصابة بأحد الفطريات الكيتريدية.



لا تعد الحفريات الكيتريديومية هي الأولى فقط طبقاً لعمر حفرياتها ؛ فقد أوضحت الدراسات التي أجريت على العلاقات التطورية بين الكيتريديومات وغيرها من الفطريات أنها مجموعة أخوية لما تبقى من مجاميع فطرية ، أو أنها قد تعتبر خطاً موازياً للحشود الفطرية الأساسية ، مما يعني أن الكيتريديومات قد تعطي فكرة للسلف الذي انبثقت منه الفطريات ، وشكله.

إذن ماذا تخبرنا الكيتريديومات عن أصل الفطريات؟

أولاً : الكيتريديومات في الأصل فطريات مائية وليست أرضية ، مما يعني أن الفطريات قد تكون بدأت حياتها في الماء ، كما فعلت النباتات والفقاريات.

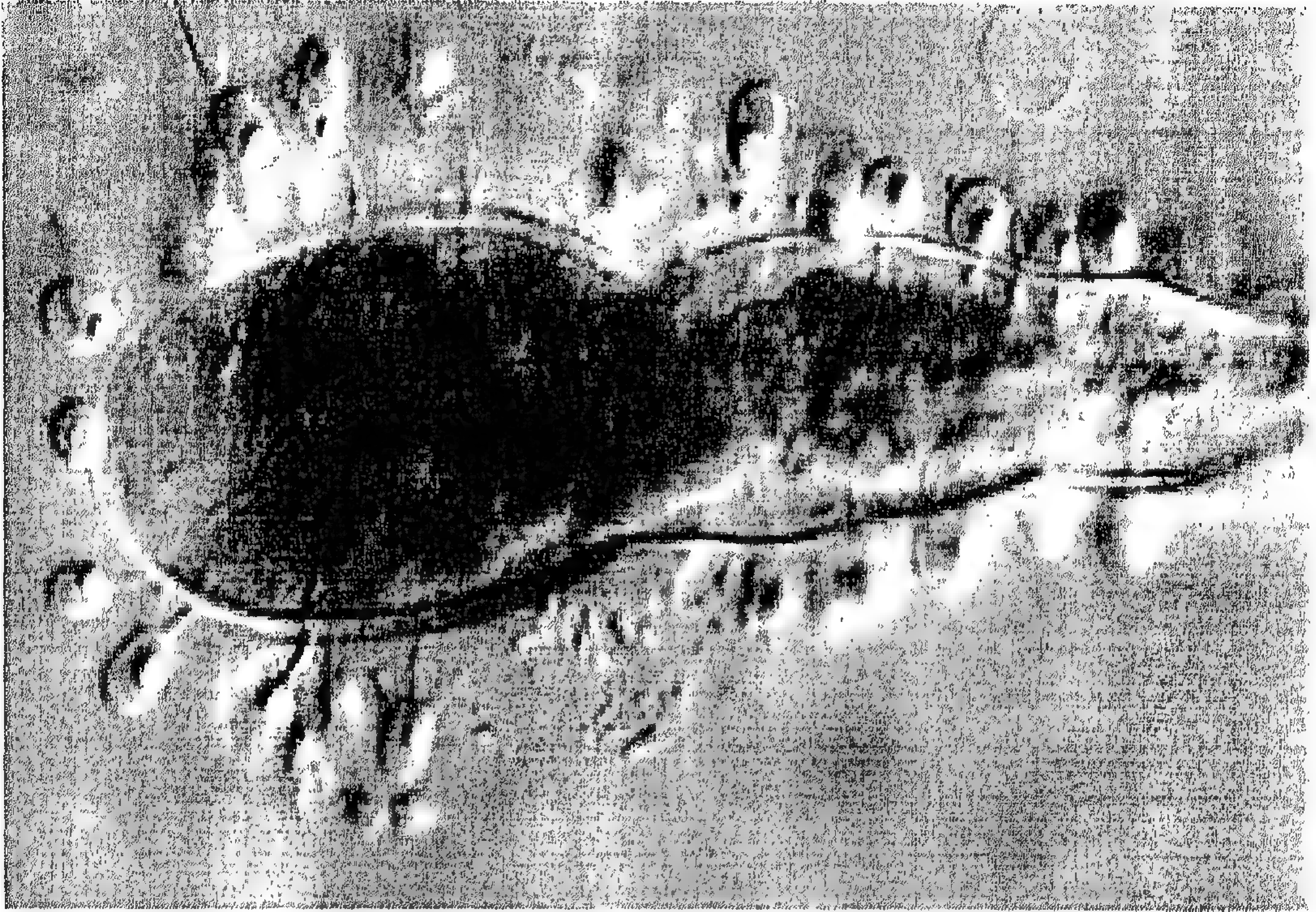
ثانياً: أن الكيتريديومات ذات جاميطات مسوطة. مما يسمح لها بالسباحة وليس لغيرها من الفطربات أسواط، مما يؤدي إلى الافتراض أن ما عداها من فطريات قد فقدت أهم ميزاتها التكاثرية في مرحلة ما من مراحل تاريخها التطوري ، كما أن أقرب الأقارب للفطريات (الكوانوفلاجلات) هي كائنات ذات أسواط.

ثالثاً: مع غيرها من الفطريات ، فالكيتريديومات ذات جدار شيتيني ، وأحد تحت مجموعتها وهي Hyphochytrids يحتوي جدارها على السليولوز، ويعد وجود الشيتين أحد الخواص الأساسية للفطريات.

تضم شعبة الكيتريديومات ما يزيد عن الألف نوع موزعة على ١٠٠ جنس وهي غالباً متطفلات ميكروسكوبية على طحالب المياه العذبة (شكل ٤-٢-١-جـ) وكذا الحيوانات الدقيقة (شكل ٤-٢-١-د) وأحياناً متطفلات على الفطريات أو مترممات على بقايا المادة العضوية وبعضها بحري المعيشة.

تتضمن الشعبة بعض الأنواع لاهوائية المعيشة ، حيث تتواجد في كروش الحيوانات آكلة

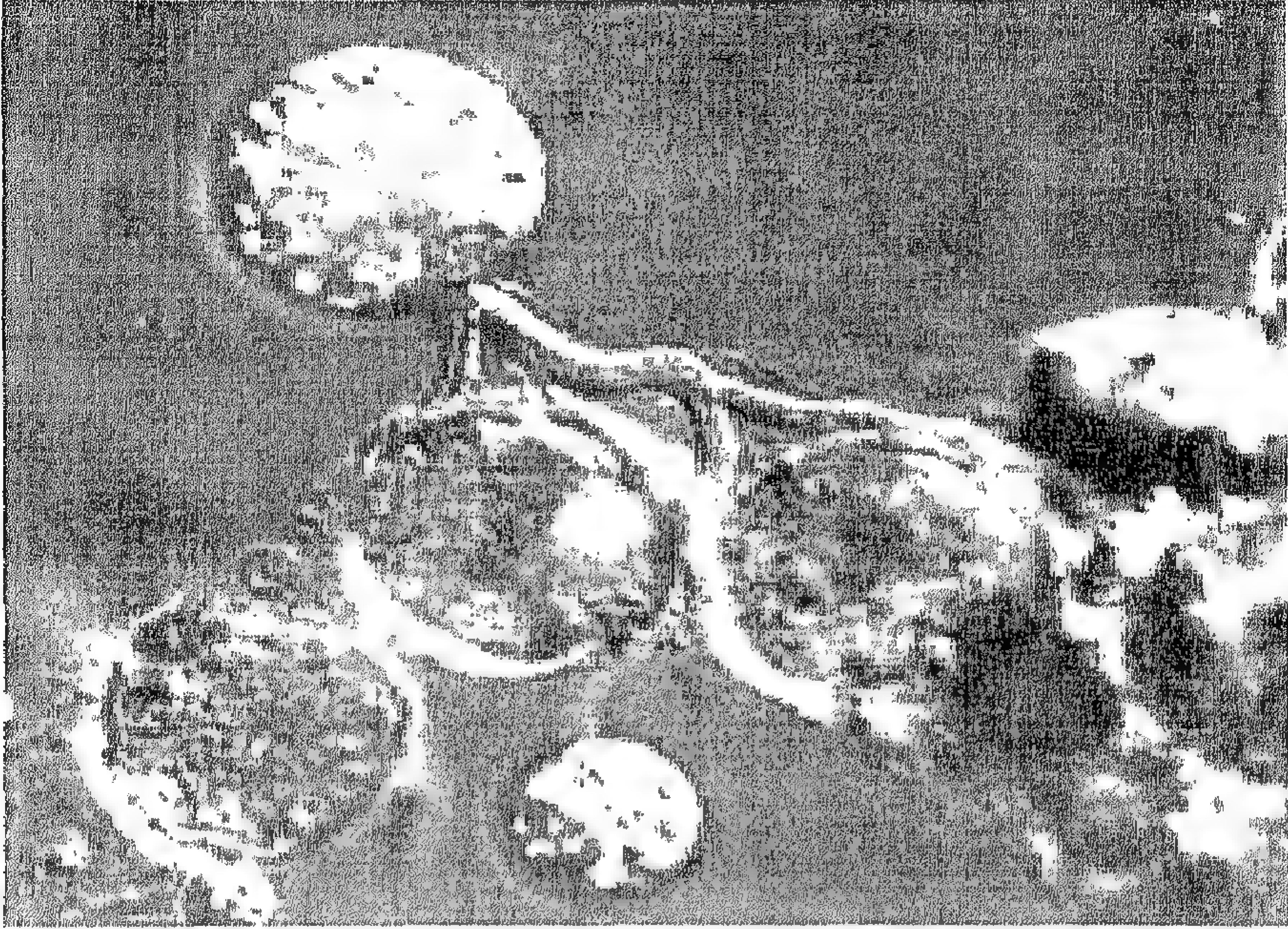
العشب. ويعد النوع *Batrachochytrium dendrobatidis* من أخطر ممرضات الضفادع. وأفراد هذه الشعبة واسعة الانتشار عالمياً.



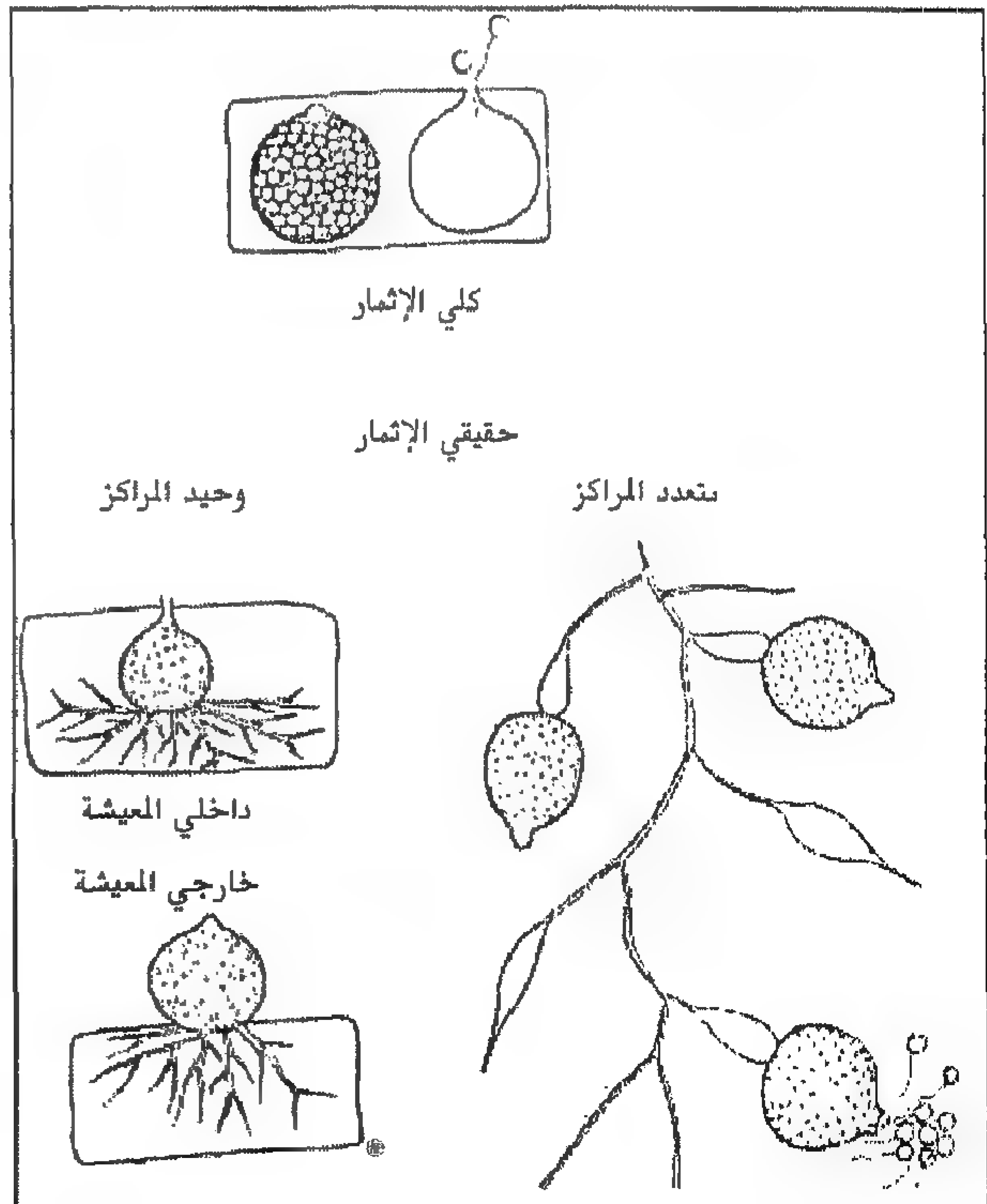
شكل (٤-٢-١-جـ): أحد الطحالب الخضراء تهاجمه الآلاف من الجراثيم السابحة ذات السوط الوحيد الخلفي للفطريات الكيتريديه.

الثالوس مدمج خلوي، كلي الإثمار holocarpic أو حقيقي الإثمار eucarpic أحادي المركز monocentric، حيث ينبثق الثالوس من نقطة واحدة يتكون عندها عضو تناسلي (حافظة جرثومية أو جرثومة ساكنة) (شكل ٤-٢-١-د) أو متعدد المراكز polycentraic، حيث ينبثق الثالوس من عدة مراكز ينشأ فيها أعضاء التناسل، وقد يكون الثالوس على شكل ميسليوم (شكل ٤-٢-١-هـ).





شكل (٤-٢-١-د): أحد الفطريات الكيتريدية يرسل خيوطة الجذرية للتطفل على مجموعة من الطحالب وحيدة الخلية.



شكل (٤-٢-١-هـ): أنواع التراكيب الثالوسية في الفطريات الكيتريدية.
عن Webster, 1970: انظر قائمة المراجع.

في الأنواع التي يتغطى فيها الثالوس بجدر، فالشيتين هو المعقد الغالب. الجراثيم السابحة ذات سوط خلفي واحد (شكل ٤-٢-١-ن) كرباجي الطراز، وقد تكون الجرثومة عديدة الأسواط الخلفية (شكل ٤-٢-١-و). ينشأ عن اللاقمة (الزيجوت) تركيب حوصلي وثالوس ثنائي الصبغيات.

تعد الجراثيم السابحة بما تحتويه داخلها من تراكيب من أهم علامات هذه الشعبة. تحوي الجرثومة نواة واحدة، يختلف شكلها وموقعها داخل الجرثومة من نوع الآخر.

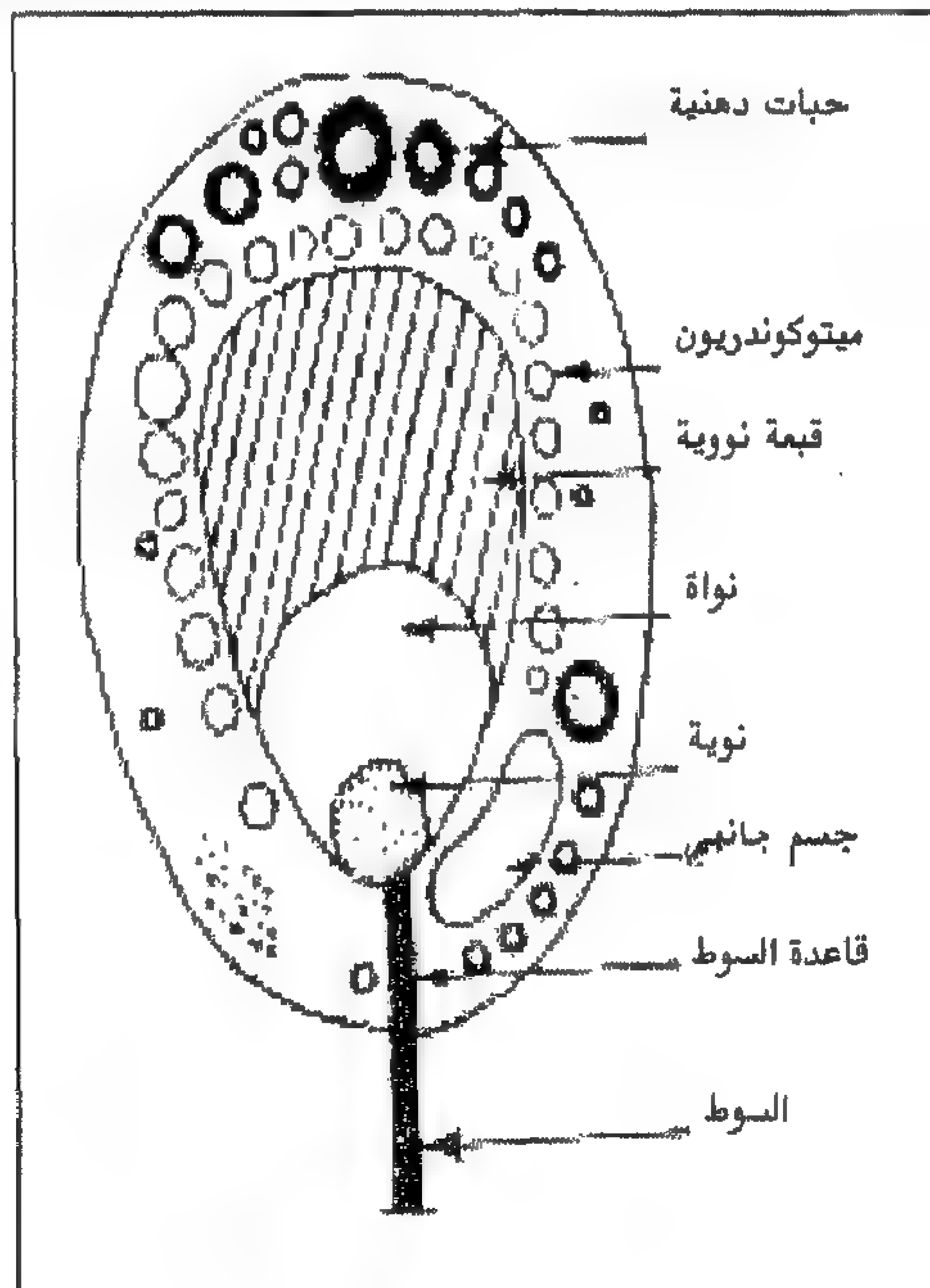
في الأنواع وحيدة السوط يلاحظ وجود جسم حركي ثاني Second kinetosome أو مايعرف بالجسم القاعدي basal body وهو يوجد بالقرب من الجسم الحركي الذي يرتبط بالسوط، وما بين الجسم الحركي والسيتوبلازم يوجد تركيب لويفي يسمى ريزوبلاست ryizoplast يتصل بمختلف عضيات الجرثومة.

تشمل عضيات الجرثومة وجود ميتوكوندريا (وذلك في الأنواع الهوائية، أما في الأنواع اللاهوائية فتختفي الميتوكوندريا ويحل محلها جسيمات تسمى الجسيمات الهيدروجينية hydrogenosomes)، وأجسام صغيرة microbodies وقنوات الشبكة البلازمية الداخلية. توجد قطرة دهنية كبيرة أو عدة قطيرات تتوضع في أماكن محددة بالجرثومة. تحوي كل الأنواع الهوائية كرات دهنية متصلة بالأجسام الصغيرة والميتوكوندريا وأغشية الحويفظات cristernae لتعطى ما يعرف بمعقد الجسيمات الصغيرة – الدهن الكروية (MLC) microbody - lipid globular complex (شكل ٤-٢-١-ن). وتعد درجة تعقيد هذا المكون (MLC)، وترتيب وتعضي مكونات المعقد وموقعها ودرجة ارتباطها بالجسم الحركي وكذا بالغشاء البلازمي للجرثومة من أهم السمات الأساسية لتصنيف الأجناس والأنواع (شكل ٤-٢-١-و).





شكل (٤-٢-١-و) : جرثومة سابحة متعددة الأسواط الخلفية لبعض الفطريات الكيتريدية.



شكل (٤-٢-١-ز): رسم تخطيطي يمثل التراكيب الداخلية للجراثيم السابحة للفطر *Allomyces macrogynus*. عن Webster, 1970 : انظر قائمة المراجع.

يبدو أن معقد MLC يلعب الدور الأساسي في عملية تحليل الدهون أثناء فترة سباحة الجرثومة وكذا في تنظيم عملية الارتباط بالكالسيوم.

يعد وجود ما يعرف بجسيمات جاما gamma particles، وهي عضية صغيرة تتصل بالغشاء تحوي مكونات كأسية الشكل تعد المستودع الرئيسي للبروتين بالجرثومة ومن التراكيب الهامة بها.

وطبقاً للنوع، فإن الأجسام الريبية (الريبوسومات)، إما أن تتوزع في سيتوبلازم الجرثومة أو تتجمع في عنقود يسمى التجمع الريبوسومي ribosomal aggregation، وقد يحتل موقع القبعة للنواة أو يكون على أحد جوانب النواة، وأحياناً تكوّن الميتوكوندريا ما يسمى بالمعقد الحافي مع التجمع الريبوسومي (شكل ٤-٢-١-ن) و (شكل ٤-٢-١-س).

يحدث التكاثر الجنسي في أفراد هذه الشعبة بطرق شتى: عن طريق تزاوج السابحات والتي قد تتشابه شكلاً وحجماً أو تتشابه شكلاً وتختلف حجماً، كما قد يحدث إخصاب الجاميطة المؤنثة الساكنة بمشيج ذكري سابح، كما يوجد الاقتران الجاميطي والإقتران الجسدي.

Side granule

Nawakawsiella sp.

Extranuclear granule
Nuclear cap
Nucleus
Rhizoplast
Non functional blepharoplast
Flagellum

Rhizophydium sphaerotheca

extranuclear granule
Nuclear cap
Nucleus
Lipoid body
Rhizoplast
Functional blepharoplast
Flagellum

Catenochytridium carolinianum

Lipoid body

Chytridium sp.

Non functional blepharoplast

Septochytrium variabile

Phlyctochytrium irregulare

Nuclear cap
Lipoid body
Nucleus
Extranuclear granule
Rhizoplast
Flagellum

Rozella allomyces *Phlyctochytrium punctatum*

شكل (٤-٢-١-ح): مخططات توضح التباين في التركيب الداخلي للجراثيم السابحة للفطريات الكيتريدية.

عن Webster, 1970 : انظر قائمة المراجع.

التقسيم

تضم شعبة الفطريات الكيتريديومية طائفة واحدة هي طائفة الفطريات الكيتريدية Class: Chytridiomycetes

وقد اتفق المشتغلون بعلوم الفطريات على أن هذه الطائفة تضم خمسة رتب هي: رتبة نيوكاليماستيجالات Neocallimastigales والبلاستوكلاديالات Blastocladiales ومونوبلافاريدات Monoblepharidales وسبيزيللومسيتالات Spizellomycetales والكيتريديالات Chytridiales. وتقسم هذه الطائفة إلى رتبها طبقاً لمفتاح التقسيم التالي:

١- فطريات لاهوائية إجبارية، من كروش آكلات العشب، الجراثيم السابحة ذات سوط وحيد أو عدة أسواط

Order Neocallimastigales

- مترممات أو متطفلات، هوائية لا تعيش في كروش آكلات العشب.................٢

٢- تفتقر الجراثيم السابحة للكرات الدهنية عادة، ذات مظلة نووية محدودة تحيط بالجزء الأمامي من النواة، يحمل الثالوس جراثيم ساكنة غليظة الجدار، مخططة أو منمنمة، لاجنسية. بعض مراحل دورة الحياة كلية الإثمار وحيدة المركز monocetric أو متعددة المراكز polycentric، أو ذات هيفا أو ريزوميسليوم، تتناسل جنسياً بالجاميطات المتشابهة أو المتباينة حجماً، متباينة الثالوس، مائية المعيشة أو تعيش في التربة، الكثير منها متطفلات على النباتات أو اللافقاريات.

Order Blastocladiales

- الجراثيم السابحة ذات كرات دهنية، لا يعطي الثالوس تراكيب ساكنة...........٣

٣- توجد نقطة قمية في طرف الجرثومة، الكرات الدهنية واضحة في مقدمة الجرثومة، الثالوس غير متفرع، حقيقي الإثمار، ذو قاعدة قرصية مفلطحة، أو يتمايز إلى هيفات جيدة التكوين، تتناسل جنسياً بالحوافظ البيضية، مترممات

Order Monoblepharidales

- تختلف الصفات عما سبق...٤

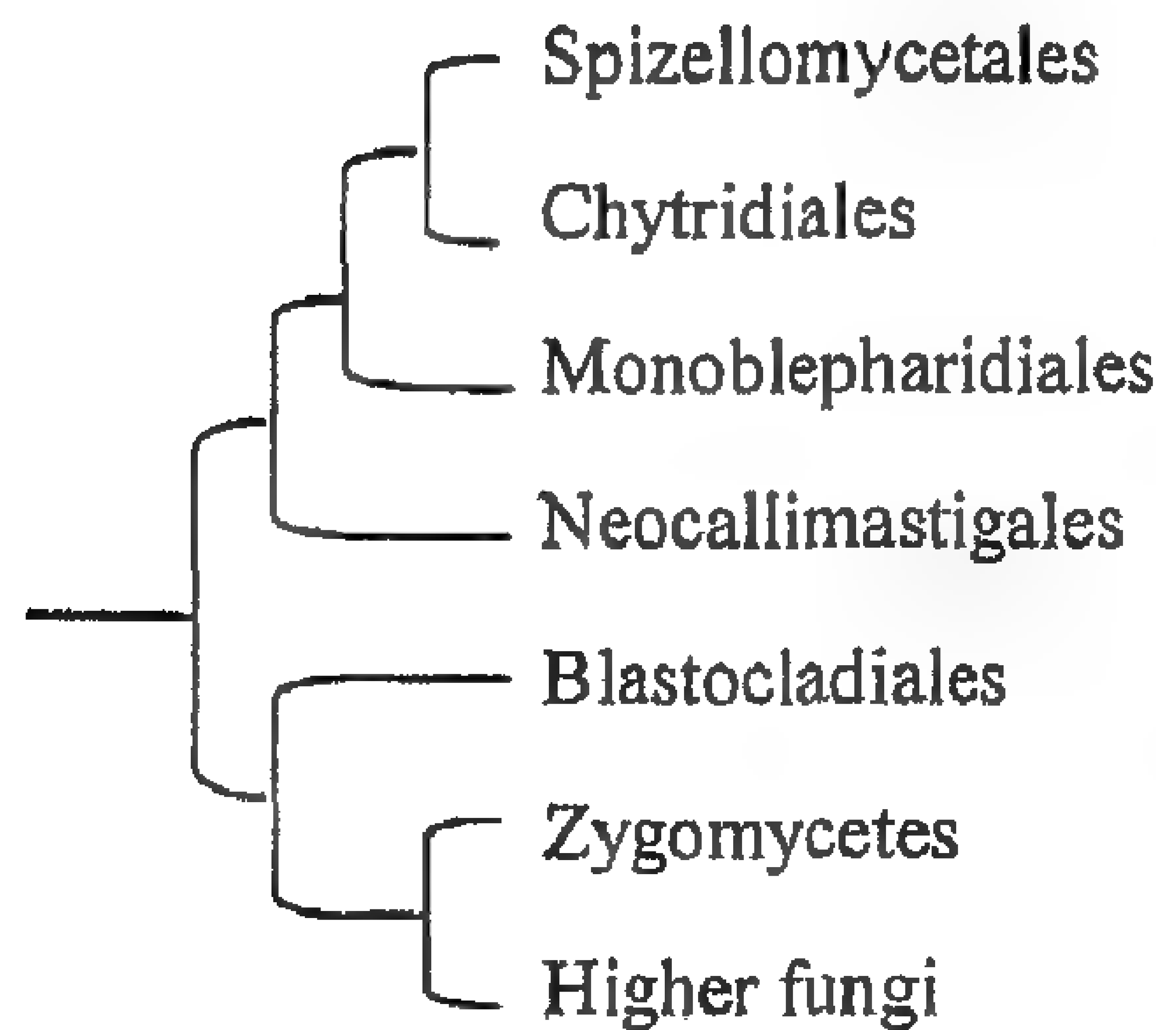
٤- بالجراثيم السابحة عدة كرات دهنية (أحياناً واحدة) الجرثومية ذات حركة أميبية. إذا وجدت أشباه جذور فتكون أطرافها غير حادة، يزيد قطرها عن ٠,٥ ميكرومتر، تستوطن التربة

Order Spizellomycetales

- للجراثيم السابحة سوط واحد غالباً، ذات كرة دهنية واحدة أو عدة كريات دهنية، ليست للجراثيم حركة أميبية، إذا وجدت أشباه جذور فأطرافها مستدقة، أقل من ٠,٥ ميكرومتر في القطر.

Order Chytridiales

إتضح من الدراسات الفيللوجينية أن رتب شعبة الكيتريديوميكوتا قد انعزلت في مجموعتين رئيسيتين، الأولى تضم الرتب Spizellomycetales و Chyrtidiales و Monoblepharidales و Neocallimastigales والثانية تضم رتبة Blastocladiales وقد انعزلت في خط يضم الفطريات الزيجية والفطريات الراقية، كما يتضح من المخطط التالي (عن Alexopoulous et al., 1996):



شكل (٤-٢-١-ط): مخطط النشأة الفيللوجينية لرتب شعبة الكيترويديوميكوتا.

ومن ناحية أخرى فإن تحليل التعاقب النيوكليوتيدي لتحت الوحدة الريبوسومية الصغيرة ssu rDNA وتحت الوحدة الكبيرة Lsu rDNA معاً، أوضح انعزال رتبة Blastocadiles مع شعبة Zygomycota في مجموعة واحدة مما يوضح وجود سلف مشترك لهما. أما Monoblepharidiales وغمامة *Lacustromyces* و Spizellomycetales و *rosea Rhizophlyctis* وغمامة *Nowakowskiella* وغمامة *Rhizophydium* وغمامة *Chytriomyces* فليست وحيدة السلف وأن النوع *Rhizophlyctis rosea* يمثل خط أخوي لأفراد رتبة Spizellomycetales وقد افترض من النتائج المتحصل عليها والتي سوف سنناقشها في نهاية هذا الباب أن غمامة *Rhizophlyctis rosea* calde قد تمثل رتبة منفصلة عن غمامة رتبة Spizellomycetales.

ومن ناحية أخرى، فإنه طبقاً لنتائج تحليل تتابعات الأحماض الأمينية في البروتين الميتوكوندري (شكل ٤-ب-٢) توضح أن الجنس *Allomyces* التابع لرتبة Blastocladiales قد انعزل في خط منفصل يرى معه البعض إطلاق رتبة Allomycales كرتبة منفصلة تضم أفراد هذا الجنس.

٤-٢-١-١ رتبة الكيتريدياليات

Order : Chytridiales

تضم هذه الرتبة أنواعاً هي الأكثر بساطة بالنظر إلى درجة تطور أجسادها الثالوسية، فهي أما كتلة بلازمية عارية إلى خلية كروية إلى أسطوانية إلى ذات ميسليوم واهي التكوين.

يتطفل بعضها داخل النباتات أو الحيوانات، والكثير منها متطفلات على طحالب المياه العذبة أو المالحة أو الفطريات المائية أو النباتات المائية الراقية والحيوانات مائية المعيشة، والقلة منها مترممات على بقايا النباتات أو الحيوانات النافقة.



بعض ممثليها متطفلات على النباتات الأرضية الراقية، إلا أن نجاح هذا التطفل يتوقف في المقام الأول على زيادة رطوبة التربة النامي فيها النبات (شكل ٤-٢-١-١-١).

في منتصف القرن التاسع عشر حيث بدأت دراسة هذه الفطريات، اعتبرت صفة وجود سوط خلفي في أعضاء التكاثر هي أهم صفة تميز الكيتريدياليات المائية وفي نهاية القرن التاسع عشر عرفت الغالبية العظمى منها.

تضاعفت المعارف حول هذه الفطريات حديثاً، وذلك بعد أن أمكن زراعة الكثير منها على الأوساط الغذائية، ودراسة خواصها الفسيولوجية: وقد أضحى معروفاً دورها الهام في التغيير الحيوي لنواتج الكائنات المائية، كما عرف دورها الوبائي ضد الدياتومات البحرية، وقد سجلت حالات إصابة للدياتوم جنس *Licomorpha* مؤدياً لموت من ٥٠ إلى ٩٠٪ من عشيرة هذا الدياتوم.

يعد التركيب الداخلي للجرثومة السابحة من الصفات الهامة المميزة للرتبة، حيث توجد ميتوكوندريا واحدة أو أكثر في تركيب MLC، وتحتل النواة الفراغ الذي لا يحتله MLC والريبوسومات، لا تتصل النواة بالجسم المحرك وتتواجد الريبوسومات متجمعة يحيط بها غشاء مزدوج في جزء الخلية الأوسط، تمتد الأنبيبات الجذرية من جانب الجسم المحرك لداخل السيتوبلازم.

تضم الرتبة حوالي ٤٦٠ نوعاً، يضمها ٩٣ جنساً. قسم سبارو Sparrow الرتبة عامي ١٩٦٠ و ١٩٧٣م إلى تسعة فصائل في مجموعتين Series، ثم أضاف Subramanian إليهم فصيلتين هما Family Micromycopsidaceae و Family Caulochytriaceae ونقلت فصيلة Physodermataceae إلى رتبة Blastocladiales طبقاً لنظام Lang and Olson، وفيما يلي نظام قاموس الفطريات (١٩٩٤م) لتقسيم هذه الرتبة إلى فصائلها.

مفتاح مبسط لفصائل الكيتريديالات

١- الثالوس وحيد المحور، حقيقي الإثمار، ذو قاعدة أو تحت قاعدة مفلطحة، يعطي الجزء العلوي من الثالوس الجراثيم السابحة ويحتوي الجزء السفلي على الأنوية، الثالوس العلوي قادر على تكرار التجرثم

Family Harpochytriaceae

- الثالوس كلي أو حقيقي الإثمار، وحيد أو متعدد المراكز ولا يشبه ما سبق..........٢

٢- الثالوس كلي الإثمار، يكوِّن حوصلة داخلية تتحول عند النضج إلى حافظة Sorus أو حافظة أولية أو جرثومة ساكنة

Family Synchytriaceae

- الثالوس حقيقي أو كلي الإثمار، لا يكوِّن حوافظ..............................٣

٣- الثالوس حقيقي الإثمار، متعدد المراكز، يتركب من ميسليوم جذري وأجسام تكاثرية

Family Cladochytriaceae

- الثالوس حقيقي أو كلي الإثمار، أحادي المركز..............................٤

٤- الثالوس حقيقي الإثمار، أحادي المركز، تستطيل الحافظة الجرثومية معطية كيس جرثومي (داخلي المنشأ)

Family Chytridiaceae

- الثالوس حقيقي أو كلي الإثمار، أحادي المركز، تغادر النواة الحافظة الجرثومية وتنتفخ في أنبوبة إنبات لتصبح كيس جرثومي أو كيس جرثومي أولي (أحادي المنشأ)

Family Endochytriaceae

٤-٢-١-١-١ الفصيلة الكيتريدية:

Family Chytridiaceae

تضم الفصيلة الكيتريدية ما يزيد عن ٤٨ جنساً، جميعها فطريات مائية المعيشة تتطفل على الطحالب وعلى غيرها من الفطريات المائية وحبوب اللقاح ومختلف الحيوانات الأولية. أو قد تكون مترممات على الأجزاء النباتية المختلفة العالقة بالماء أو المواد الشيتينية مثل هياكل الحشرات.

أكثر الأجناس انتشاراً الجنس *Chytridium* ويضم ٤٢ نوع والجنس *Chytriomyces* ويضم ٢٤ نوع والجنس *Macrochytrium* ويضم نوعان والجنس *Nowakawskia* ويضم ١٤ نوع والجنس *Polyphagus* ويضم ستة أنواع والجنس *Rhizophydium* ويضم ٢٠٧ نوع والجنس *Siphonaria* ويضم نوع واحد والجنس *Sparrwia* ويضم نوعان والجنس *Zygorhizidium* ويضم ٩ أنواع.

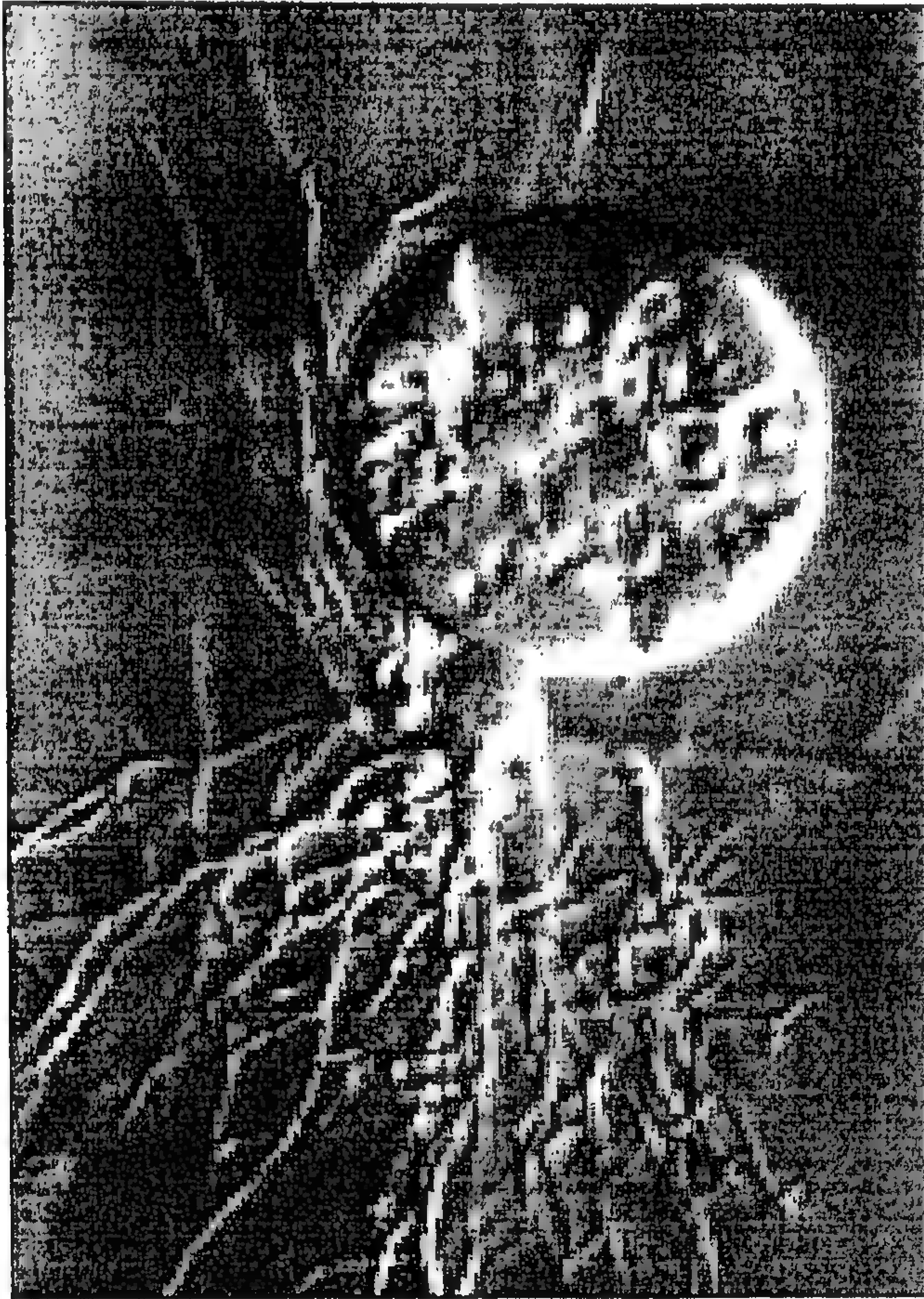
الجنس ***Chytridium*** أحد أكبر أجناس هذه الفصيلة وأوسعها إنتشاراً أنواعه متطفلات على غيره من الفطريات والطحالب والبروتوزوا (شكل ٤-٢-١-١-١-١) تبدأ دورة حياة الفطر بسقوط جرثومة سابحة ذات السوط الخلفي على العائل المناسب فتتحوصل ثم ترسل شبه جذر إلى داخل خلية العائل والذي سرعان ما يتفرع. يتزايد حجم الجرثومة على سطح العائل.

كثير من أنواع هذا الجنس تتطفل على حبوب لقاح النباتات الطافية على سطح الماء، يهاجم النوع *Chytridium confervae* حبوب اللقاح الطافية على سطح الماء، ويمكن للثالوس الواحد أن يتطفل على حبتي لقاح معاً، كما يتضح من الشكل (٤-٢-١-١-١-٢) حيث يلاحظ تواجد أشباه الجذور داخل حبتي حبوب لقاح صنوبر ويتكون الكيس

الأسبورانجي فوقهما. بعد نضج الجراثيم داخل الكيس تبدأ في الخروج من قمة الكيس وذلك في غشاء شفاف (شكل ٤-٢-١-١-١-٣). ويوضح شكل (٤-٢-١-١-١-٤) استمرار عملية خروج الجراثيم، والشكل (٤-٢-١-١-١-٥) تمام خروج كتلة الجراثيم.

من أهم أنواع هذا الجنس:

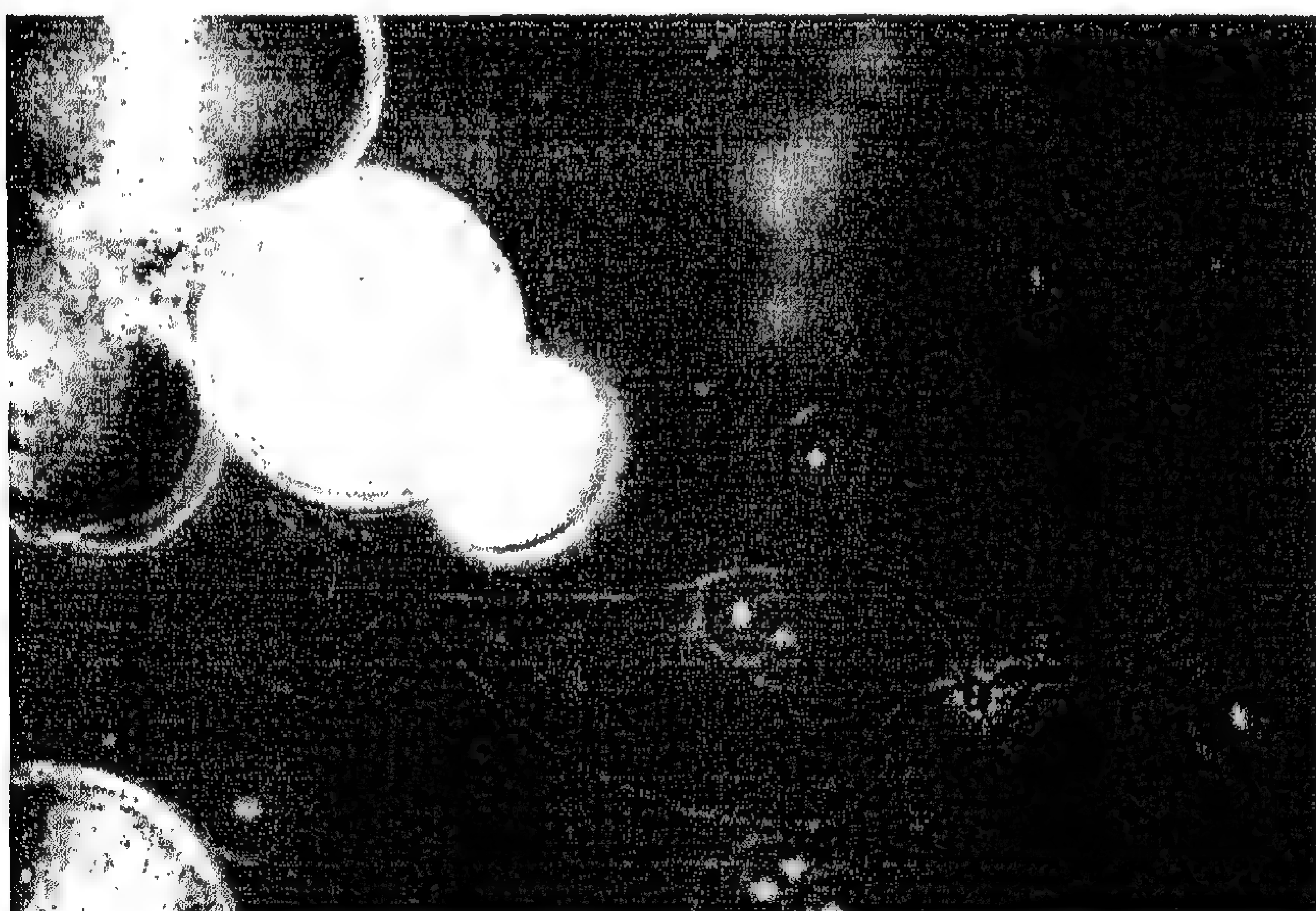
C. adpressum, C. aggregatum, C. apophysatum, C. brevipes, C. chlorobotryis, C. fusiforme, C. inflatum, C. sexuales, C. sparrowi.



شكل (٤-٢-١-١-١-١): منظر عام لثالوس الفطر *Chytridium* sp. حيث يشاهد النظام الشبه جذري يعلوه كيس اسبورنجي كروي الشكل يحتوي على الجراثيم الاسبورانجية.



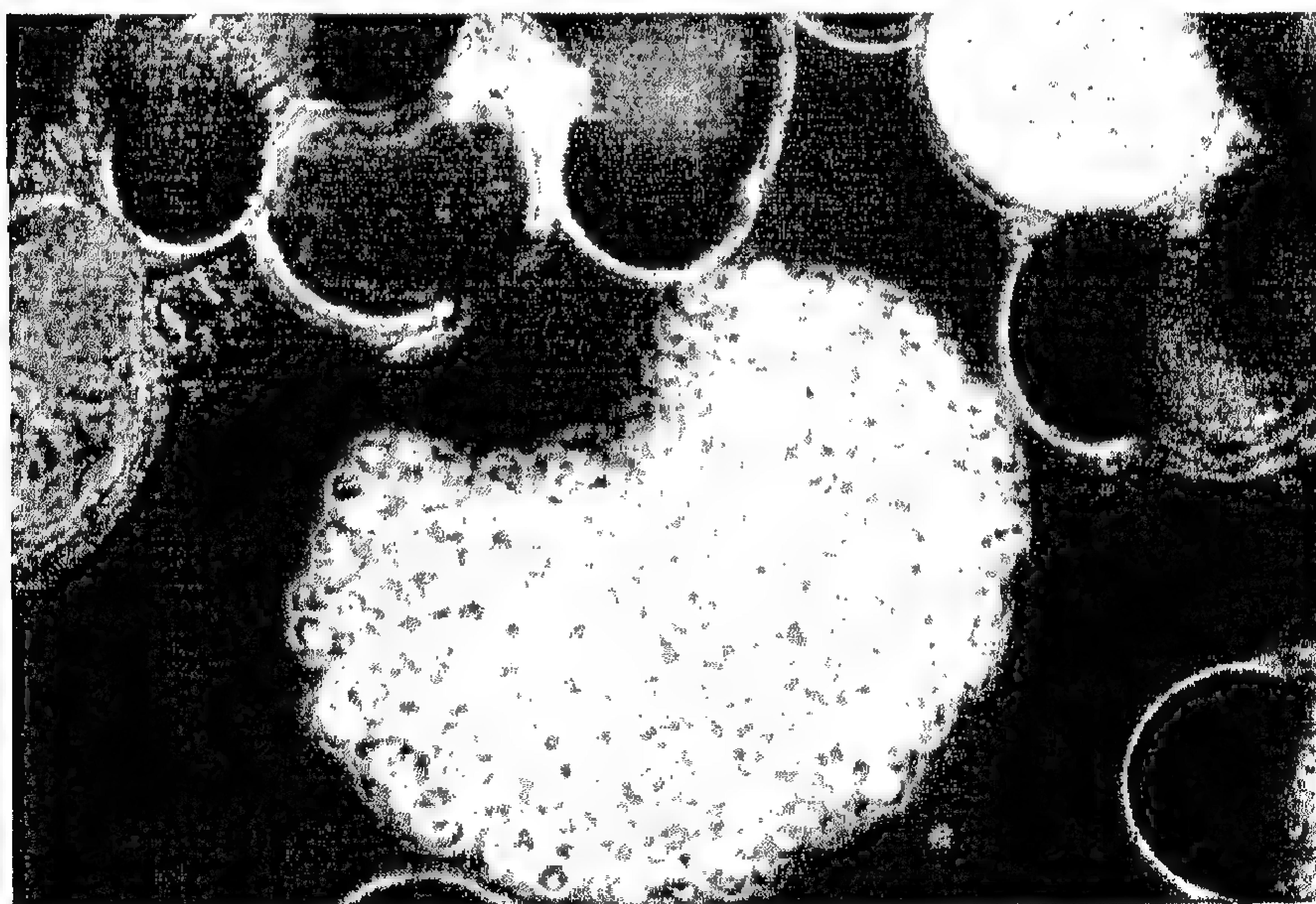
شكل (٤-٢-١-١-١-٢): ثالوس الفطر *Chytridium confervae* متطفلاً على حبتي لقاح صنوبر، حيث يشاهد أشباه الجذور داخل الحبتين يعلوه الكيس الاسبورنجي. كما يشاهد أيضاً الجراثيم السابحة للفطر.



شكل (٤-٢-١-١-١-٣): عملية إطلاق الفطر *Chytridium confervae* حيث يلاحظ خروج الجراثيم في غشاء شفاف.



شكل (٤-٢-١-١-١-٤): استمرار خروج الجراثيم من الكيس في الفطر *Chytridium confervae*.



شكل (٤-٢-١-١-١-٥): كتلة من الجراثيم السابحة بعد أن تم إطلاقها من الكيس الاسبورنجي للفطر *Chytridium confervae*.

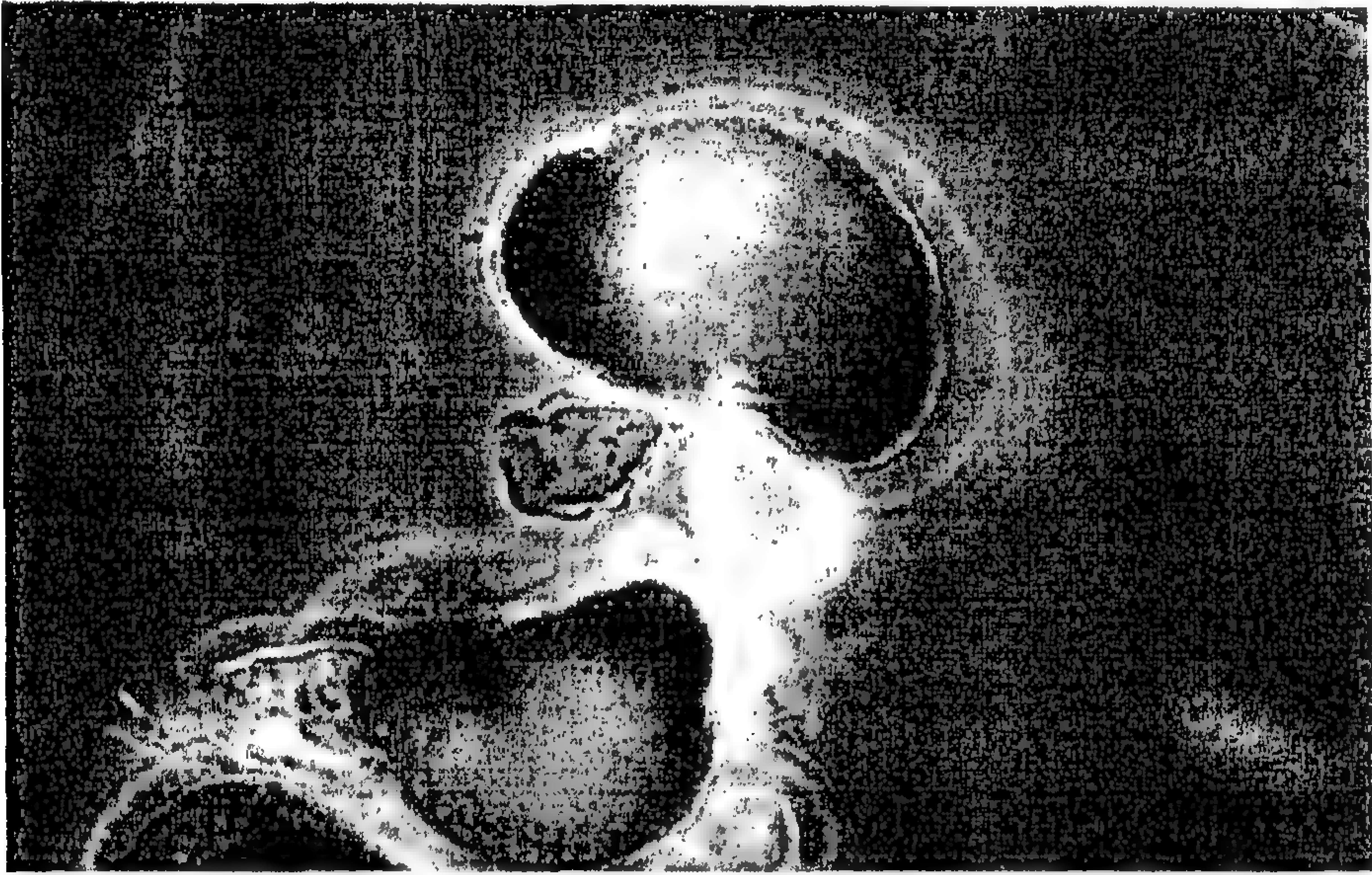


الجنس *Chytriomyces* يعد من الأجناس واسعة الانتشار في المياه العذبة الدافئة. حيث ينمو مترمماً على الهياكل الجسدية لذبابة مايو وكذا على قطع الشيتين وحبوب اللقاح وغيرها.

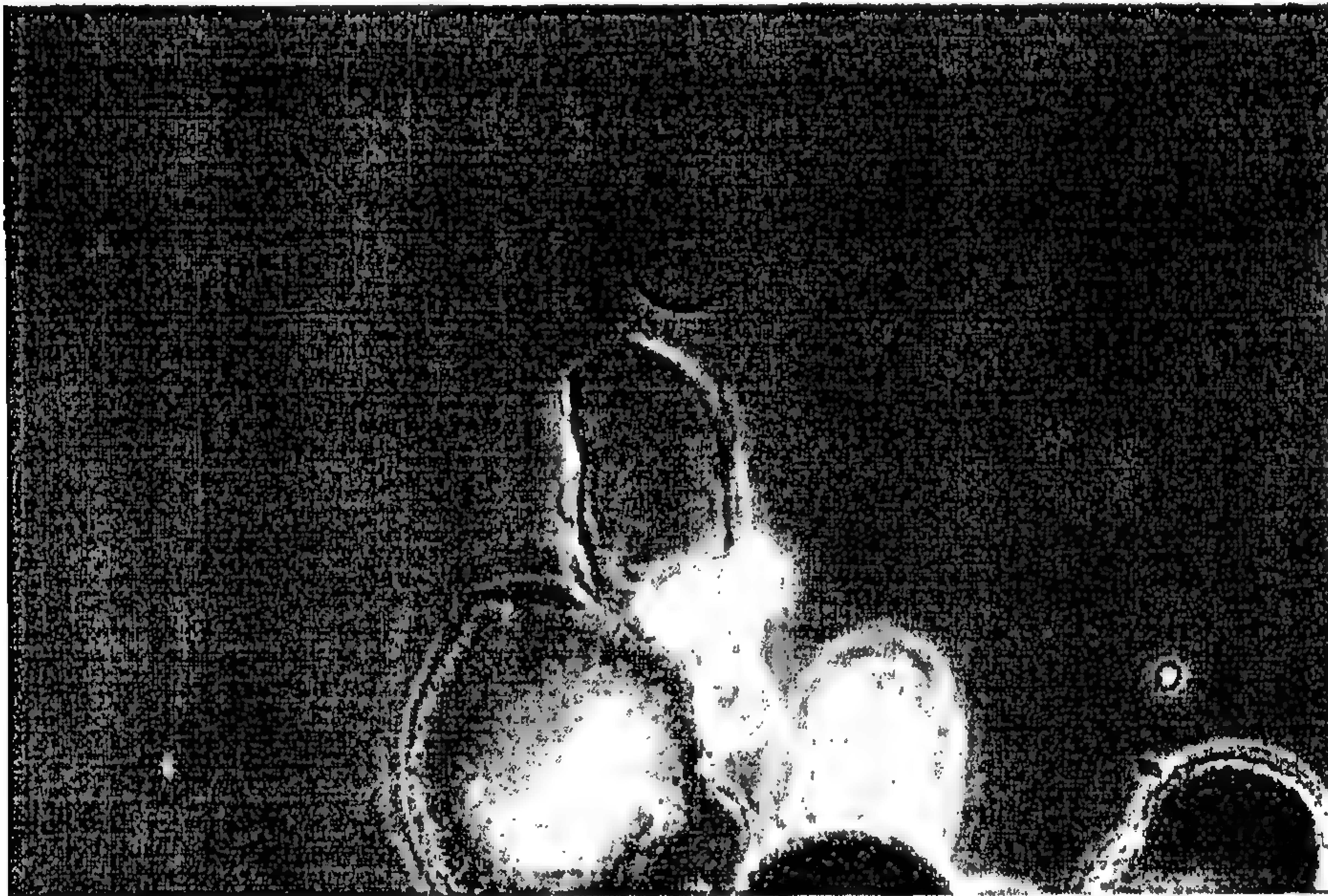
يعطي الفطر نظاماً جذرياً جيد التكوين فيما يخترق من طبقات تحتية. ينشأ الكيس الاسبورانجي من الجرثومة المتحوصلة (شكل ٤-٢-١-١-١-٦)، وللكيس غطاء قمي apical (شكل ٤-٢-١-١-١-٧) أو تحت قمي subapical، وعن طريقه تخرج الجراثيم إلى فقاعة vescle، تسبح فيها لفترة قصيرة، ثم سرعان ما تنفك وتخرج منها الجراثيم، وبعد أن تسبح الجراثيم لفترة من الماء، تتحوصل بإحاطة نفسها بجدار ثم تنبت وتعطي شبه جذر وكيس إسبورنجي، أو قد تعمل كسابحة جنسية. يحدث الاقتران البلازمي عندما يلتقي شبه جذرين من ثالوسين مختلفين، حيث يندمجا، وتتحول اللاقحة إلى جسم ساكن. وهذه تنفصل عن الأبوين، حيث تندمج نواتيهما فيما بعد. تستمر اللاقحة في إحاطة نفسها بجدار سميك، وتنبت كما لو كانت كيس أسبورنجي.

من أهم أنواع هذا الجنس:

C. sexuale, C. hyalinus, C. poculatus, C. cosmarii, C. annulatus, C. angularis, C. elegans.



شكل (٤-٢-١-١-١-٦): كيس اسبورنجي للفطر *Chytriomyces poculatus* نامياً على حبة لقاح صنوبر طافية على الماء.



شكل (٤-٢-١-١-١-٧): كيس اسبورنجي فارغ للفطر *Chytriomyces poculatus* نامياً على حبة لقاح صنوبر، لاحظ انفصال غطاء الكيس الاسبورانجي.



الجنس ***Rhizophydium*** ينتمي إليه ما يزيد عن ٢٠٧ نوع، وهو بذلك يعد أكبر أجناس الفصيلة الكيتريدية. بعض أنواعه ذات أهمية اقتصادية. منها النوع *R. planctonicum* الذي يتطفل على الدياتومات البلانكتوتية مثل *Asterionella formosa*، حيث تؤدي إصابة هذا الفطر لهذا الدياتوم لإبادة أعداد كبيرة منه. كما تتطفل بعض الأنواع على الطحالب مثل النوع *R. globosum* والنوع *R. couchii* والنوع *R. megarrhizum* ويتطفل النوع *R. pythi* على البيضيات من جنس *Pythium* ويتطفل النوع *R. mycetophagus* على أنواع الجنس *Mucor*، ويتطفل النوع *R. hyperparasiticum* على بعض الفطريات الكيتريدية. يتطفل النوع *R. bullatum* على حبوب اللقاح.

يمكن لبعض أنواع هذا الجنس تحليل المعقدات، حيث يترمم النوع *R. coronum* على السليولوز والنوع *R. chitinophilum* على الشيتين والنوع *R. keratinophylium* على الكرياتين.

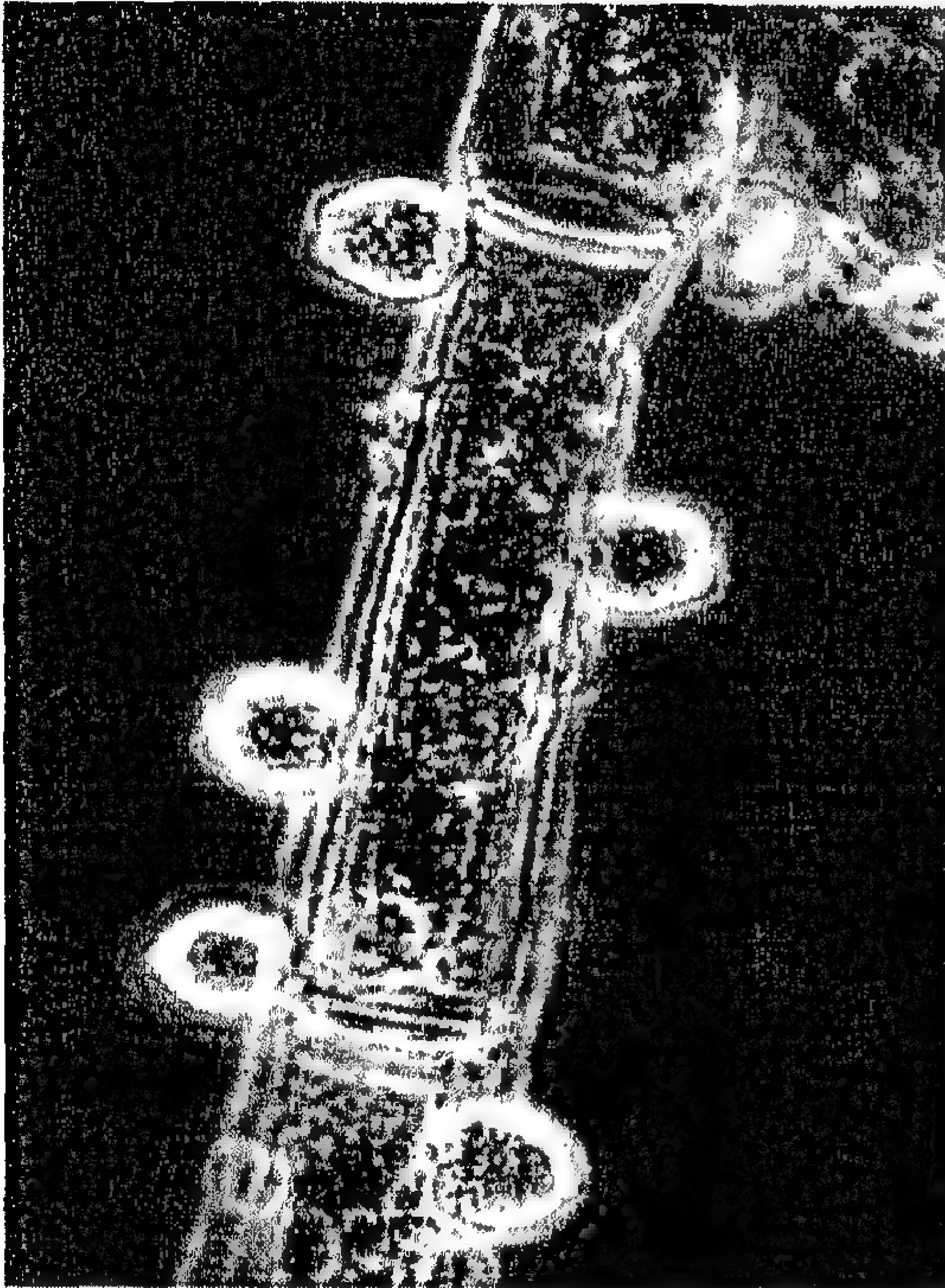
تتلخص دورة حياة النوع *Rhizophydium gramuloporum* الذي يتطفل على طحلب الإسبيروجيرا (شكل ٤-٢-١-١-١-٨) وكذا الطحلب *Oedogonium* (شكل ٤-٢-١-١-١-٩)، في أن الجراثيم السابحة ذات السوط الوحيد الخلفي، تسقط على الخيط الطحلبي، تحيط نفسها بجدار، ترسل إلى داخل الخلية خيط ميسليومي دقيق rhizomycelium، ونتيجة للإصابة تختفي مراكز تجمع النشا في الطحلب ويتحلل النشا والغشاء السيتوبلازمي مع اختناق البلاستيدات وتمركزها حول الشكل الجذر-ميسليومي. يتزايد حجم الجرثومة المتحركة سابقاً، وعندما يبدأ جسم الطحلب في الانحلال، يبدأ تكوين الحافظة الجرثومية، وعندما تنضج يظهر عليها عدد من الحلمات، ثم تنفجر هذه

الحلمات بسبب الضغط الداخلي المتزايد عليها من الداخل وتندفع منها الجراثيم.

يحدث التكاثر الجنسي عندما يتجاور على خيط طحلبي واحد جسدان للفطر، أحدهما كبير الحجم والآخر صغير الحجم، حيث يعملان كجاميطات ويتحدا، حيث يتكون في الثالوس الأكبر منها خلية ساكنة.



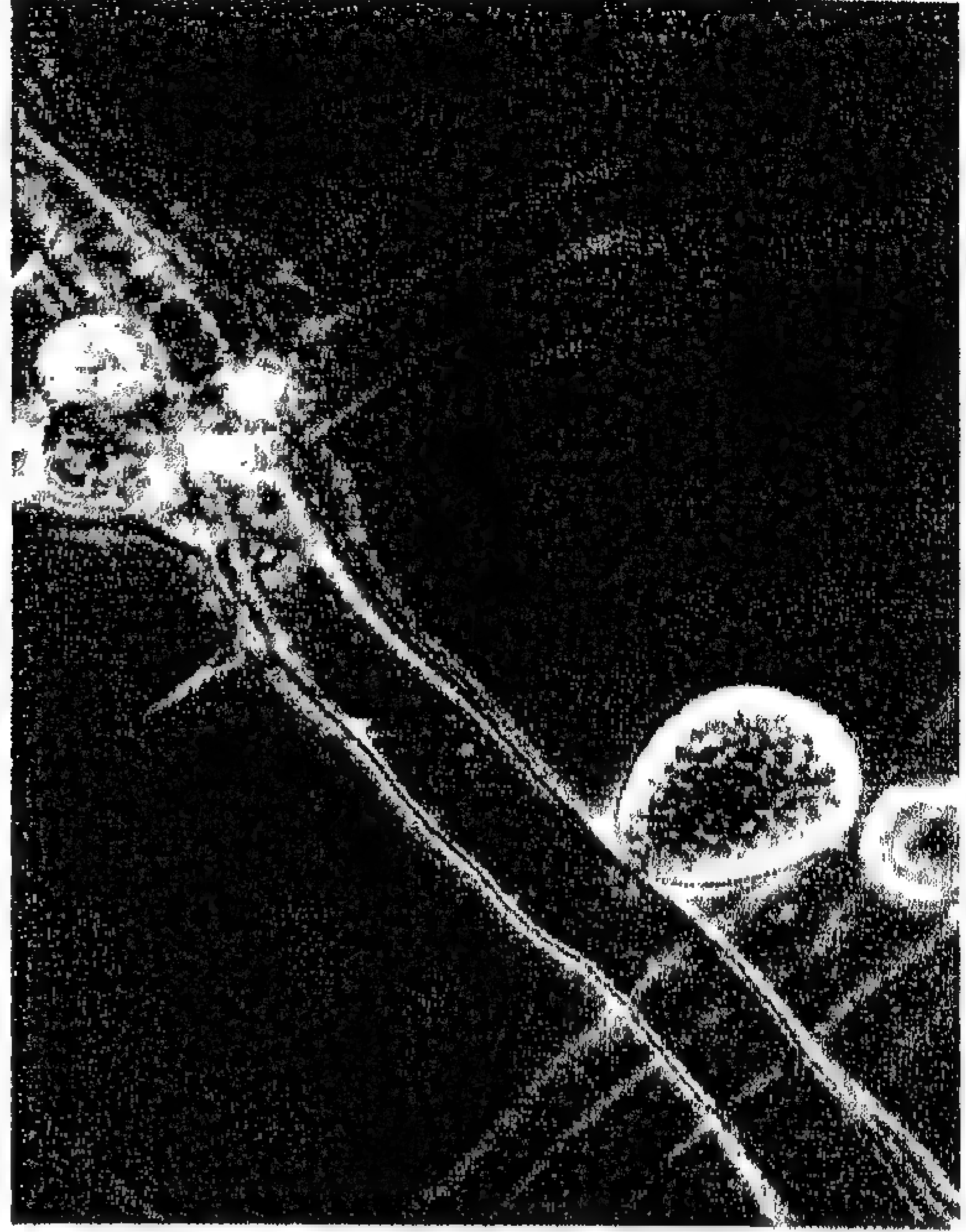
شكل (٤-٢-١-١-١-٨): الفطر *Rhizophydium gramulosporum* متطفلاً على طحلب الإسبيروجيرا.



شكل (٤-٢-١-١-١-٩): الفطر *Rhizophydium gramulosporum* متطفلاً على الطحلب *Oedogonium*.

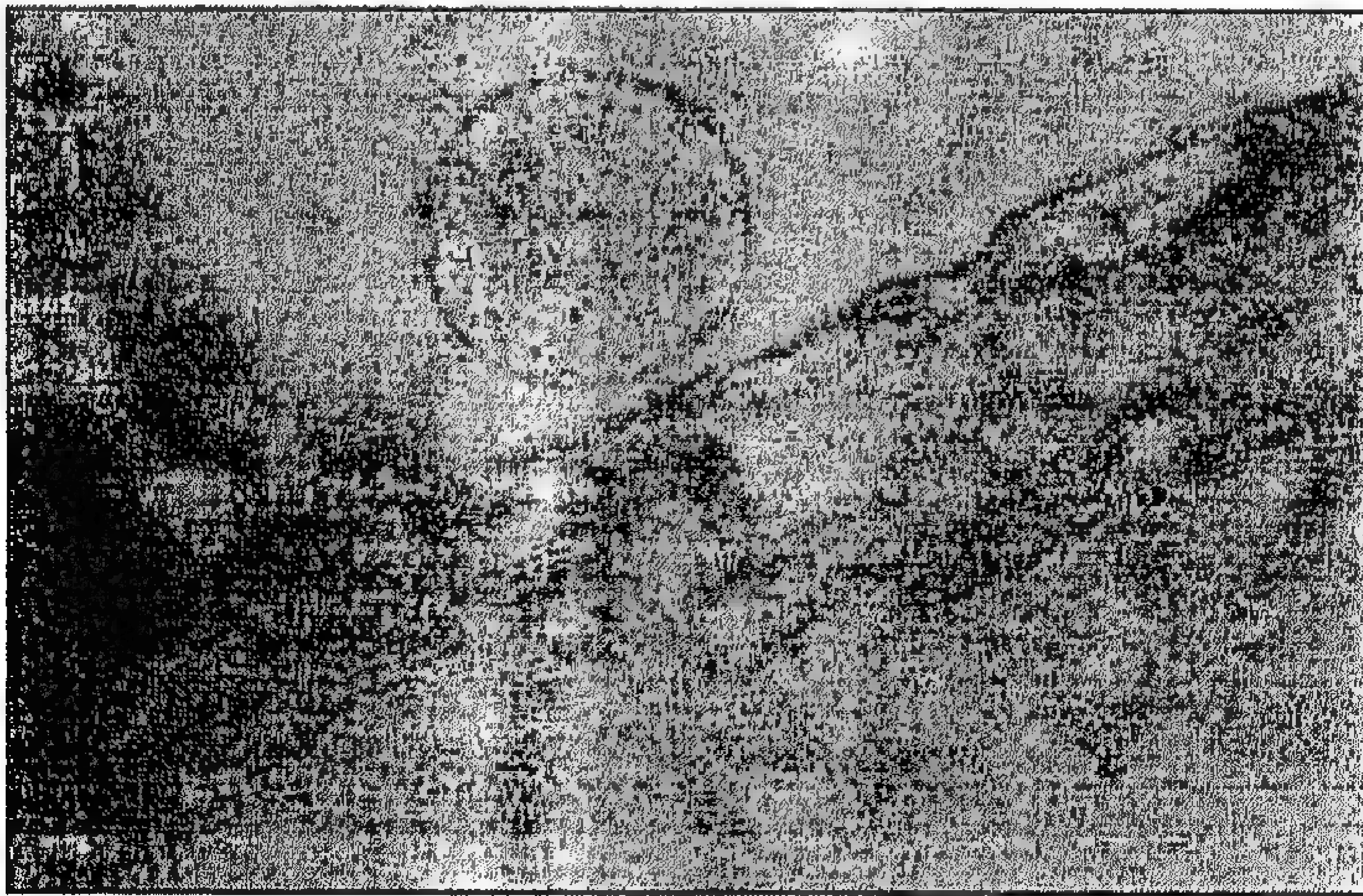
يتطفل النوع *R. graminis* على الشعيرات الجذرية لنبات القمح ويرسل داخل الشعيرة ميسليوم دقيق.ويوضح شكل (٤-٢-١-١-١-١٠) تطفل هذا الفطر على جذور نباتات القمح.





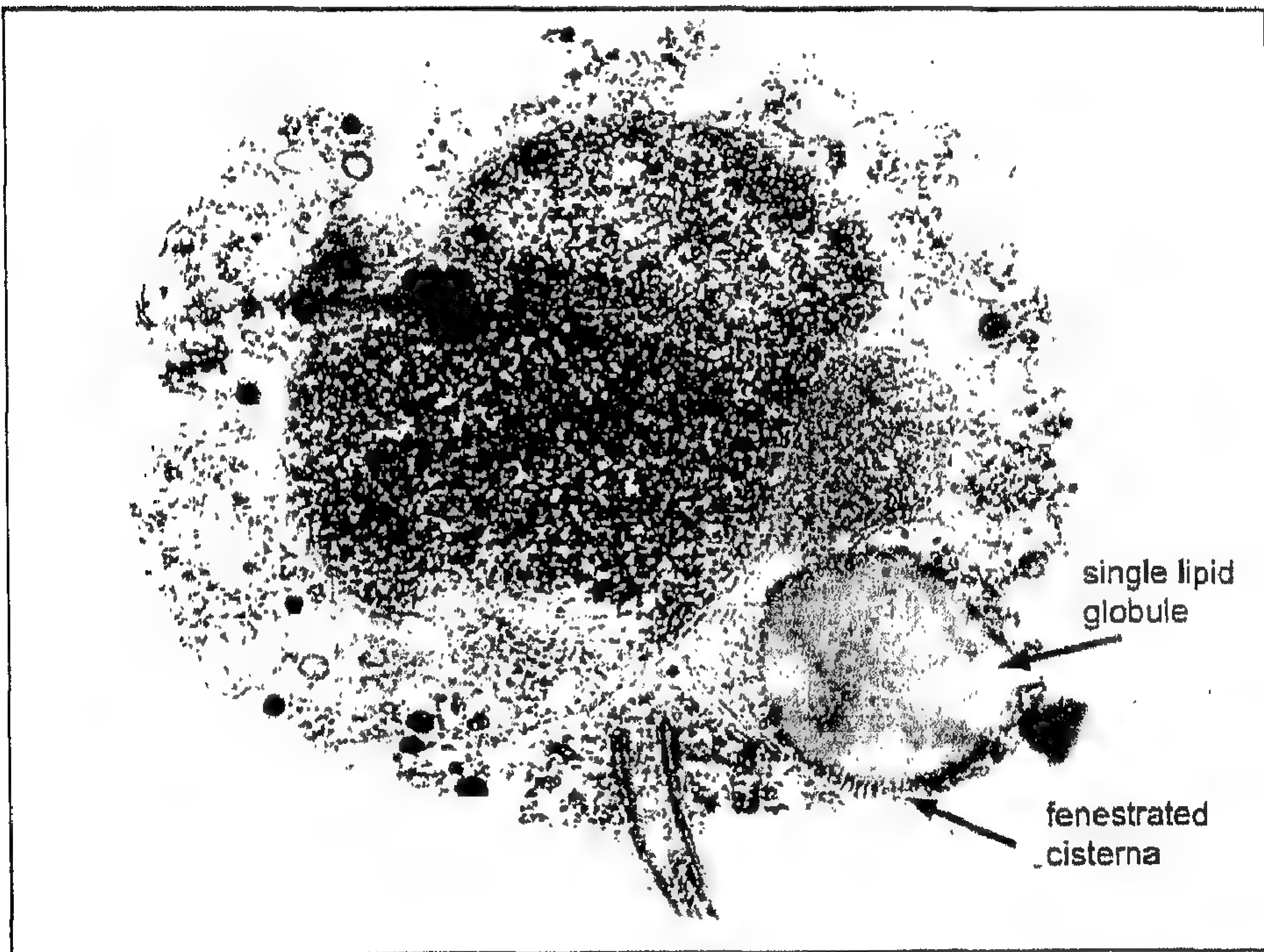
شكل (٤-٢-١-١-١-١٠): الفطر *Rhizophydium graminis* متطفلاً على الشعيرات الجذرية لنبات القمح.

بالإضافة للأنواع السابق ذكرها، ينتمي لهذا الجنس أنواعاً أخرى واسعة الانتشار منها *R. blastocladianum, R. achnanthis, R. angulosum* الذي يتطفل على الفطر الكيتريدي *Blastocladiella*، النوع *R. clavatum, R. condylosum* والنوع *R. steptitatum* (شكل ٤-٢-١-١-١-١١) الذي يتطفل على بعض النباتات المائية.

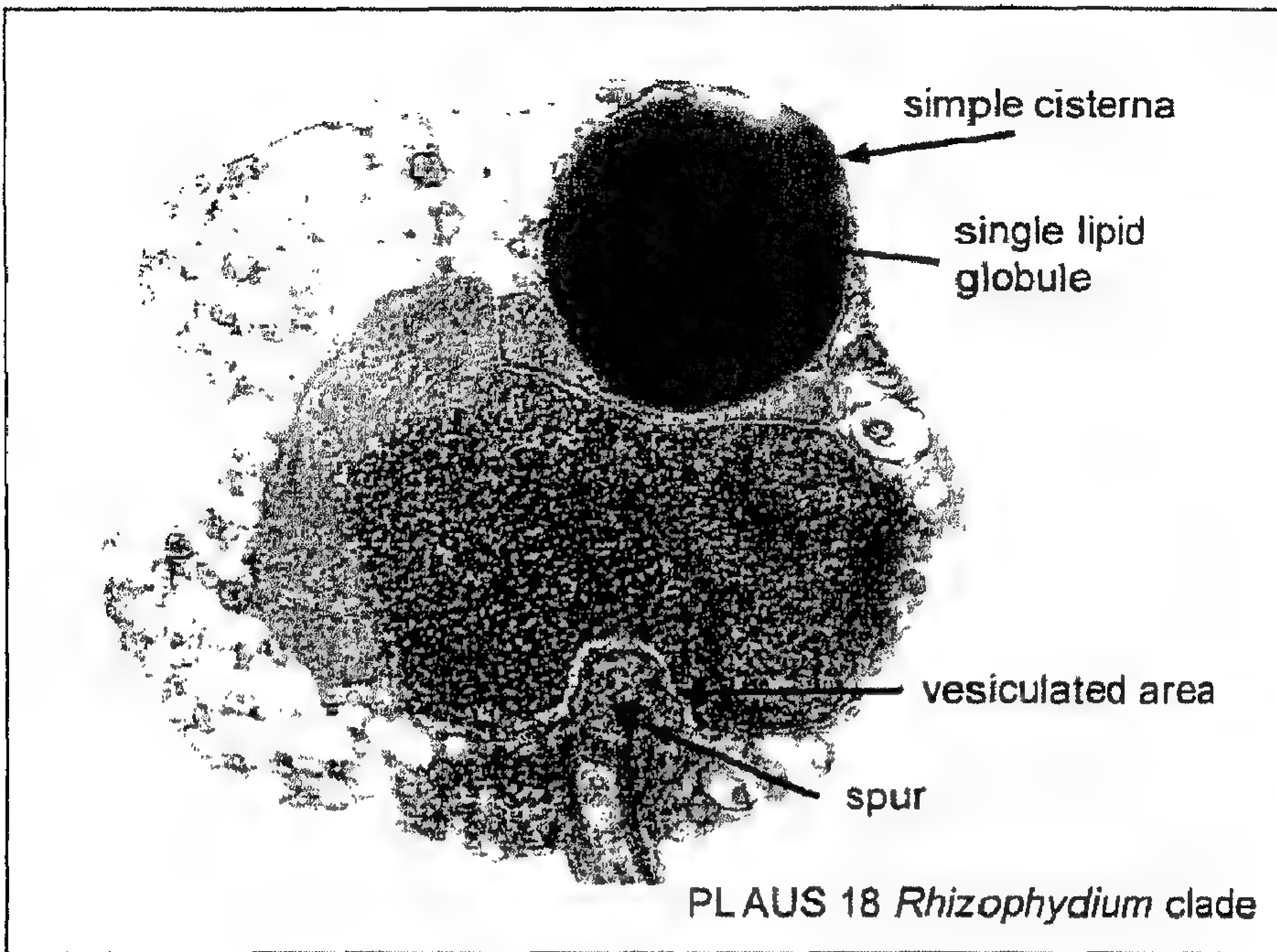


شكل (٤-٢-١-١-١-١١): الفطر *Rhizophydium steptitatum* متطفلاً على بعض النباتات المائية يلاحظ الكيس الإسبورنجي وأشباه الجذور المتفرعة داخل العائل.

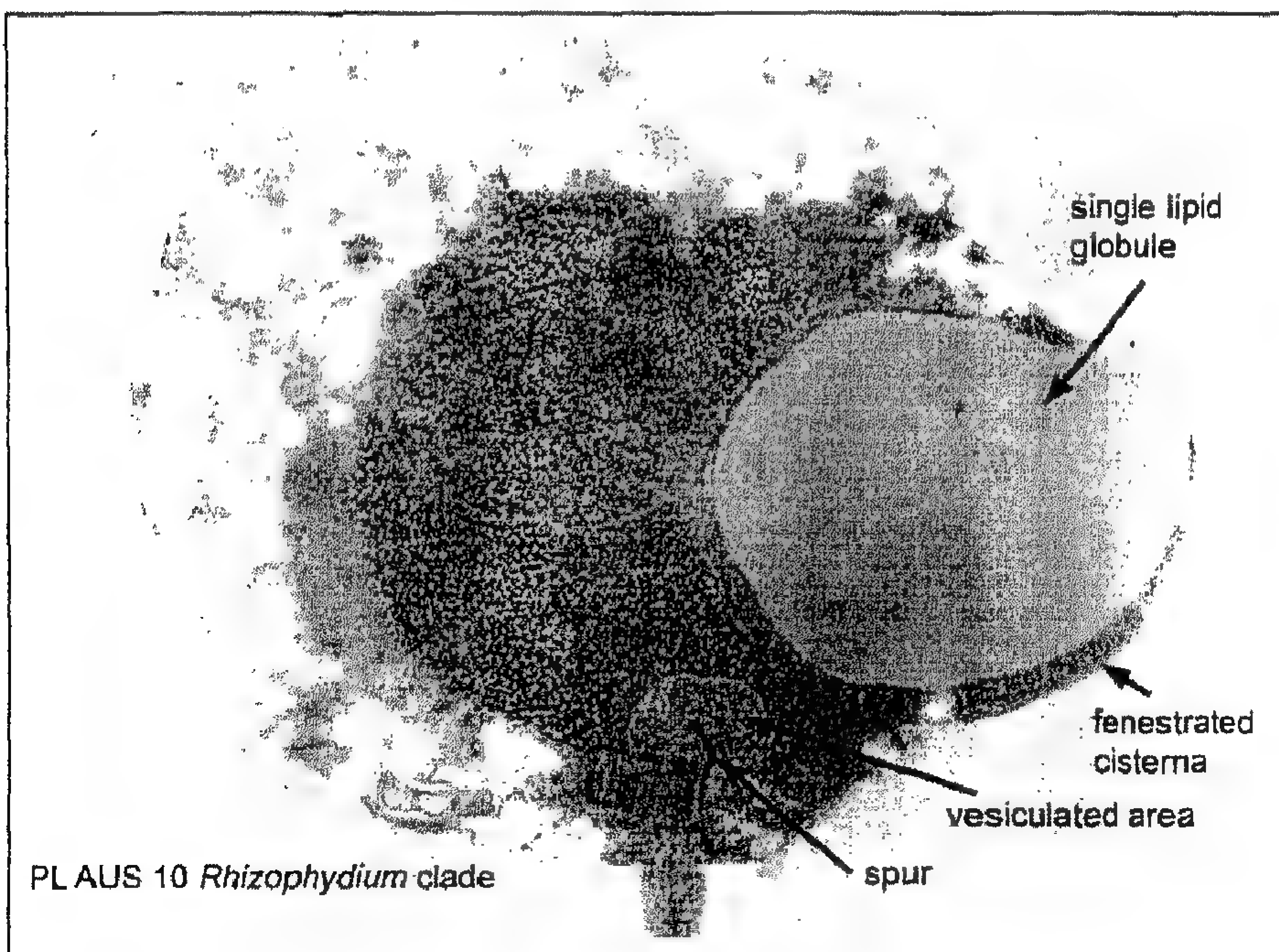
تؤكد الدراسات المستفيضة التي أجريت على كثير من عزلات هذا الجنس على أنها تمثل غمامة منفصلة يطلق عليها *Rhizophydium* clade. وأن هناك تبايناً واضحاً في التركيب الدقيق للجرثومة السابحة لهذا الجنس، حيث توضح الأشكال (٤-٢-١-١-١-١٢) D, C, B, A أماكن توزيع حبيبة الدهن داخل الجرثومة.



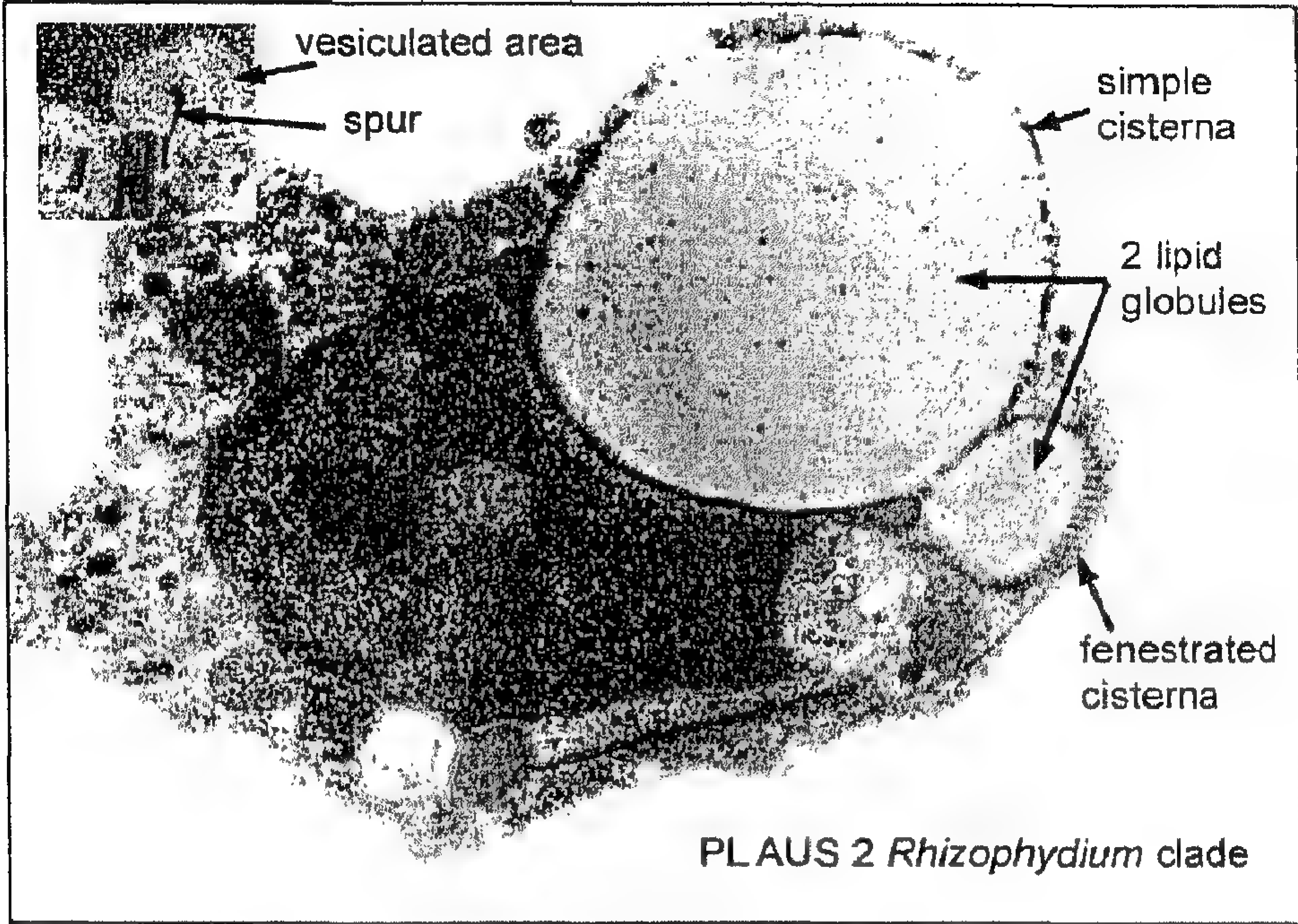
شكل (٤-٢-١-١-١-١٢-A): قطاع طولي في الجرثومة السابحة لغمامة *Rhizophydium*.



شكل (٤-٢-١-١-١-١٢-B)



شكل (٤-٢-١-١-١-١٢-C)

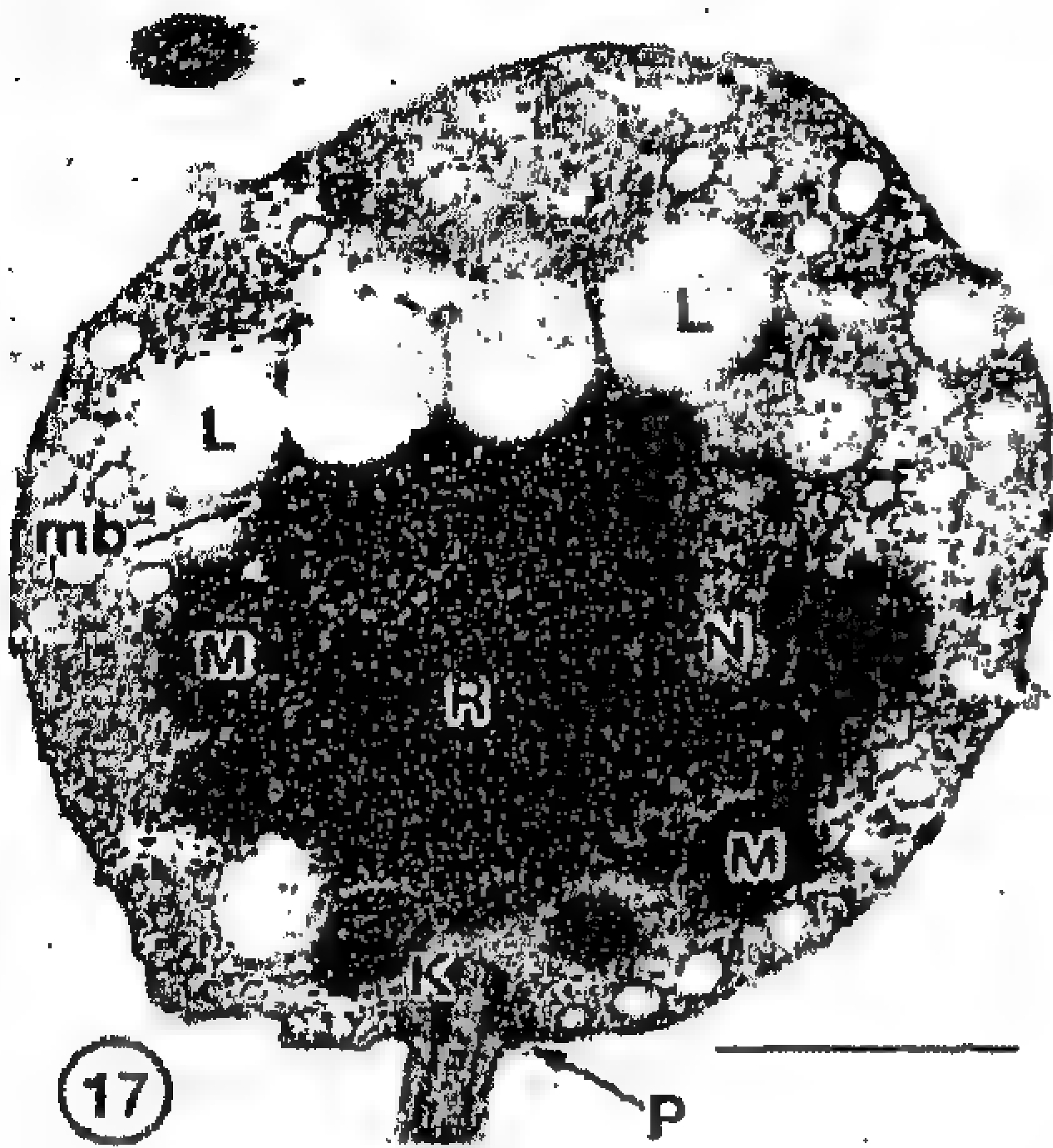


شكل (٤-٢-١-١-١-١٢-D)

أثبتت دراسات البيولوجيا الجزيئية والتركيب فائق التكبير للجراثيم أن الأنواع *Rhlyctochytrium irregular, Rhizophlyctis harderi, Batrachochytrium dendrobatidis* وهو أخطر ممرضات الضفادع (شكل ٤-٢-١-١-١-١٣) والنوع *Kappamyces laurelensis* (شكل ٤-٢-١-١-١-١٤) تنتمي لنفس الخط التطوري للجنس *Rhizophydium*.

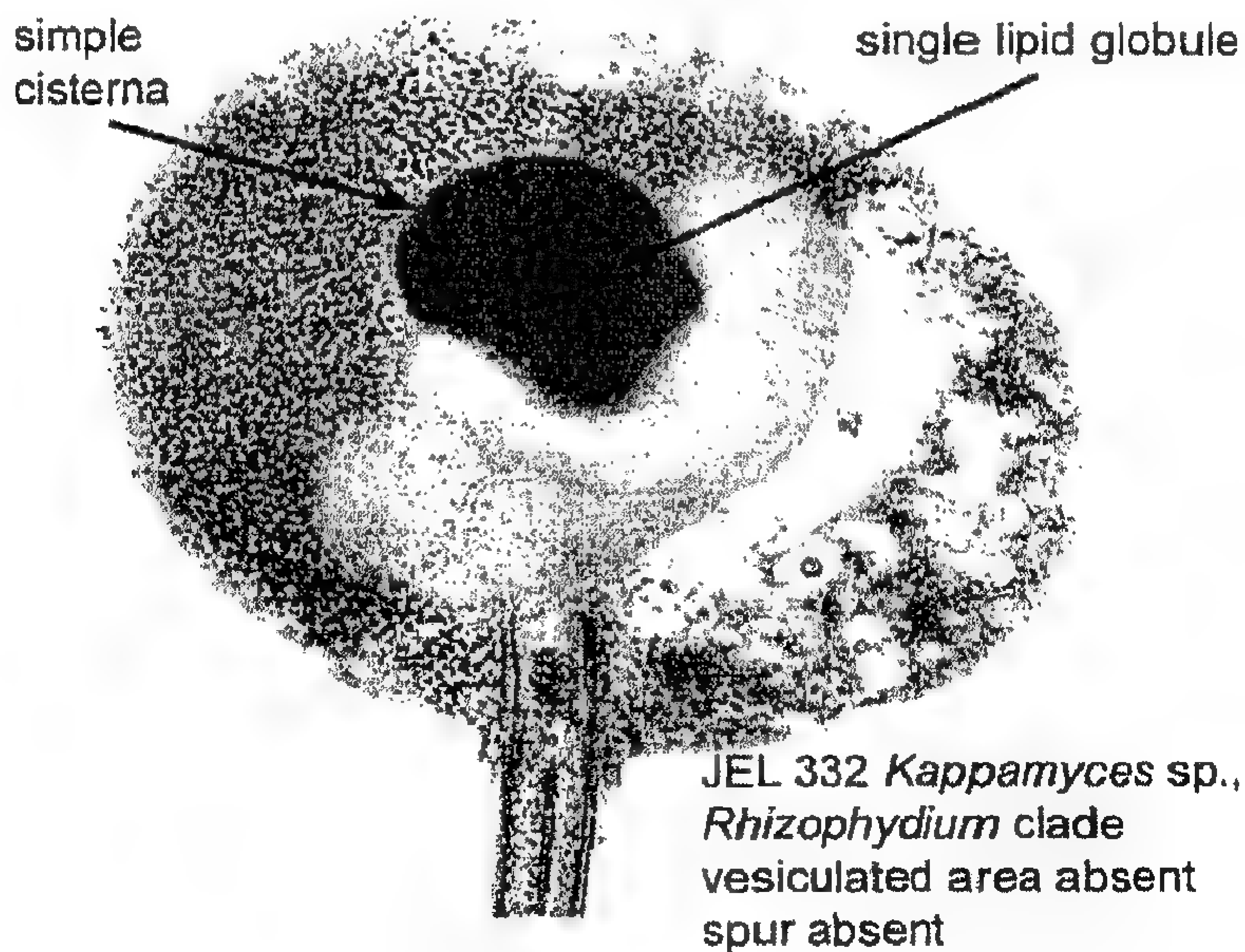
أثبتت الدراسات فائقة التكبير على الجهاز الإخراجي للكيس الإسبورنجي في هذه الغمامة discharge pore على وجود تركيب شديد التعقيد. ويوضح شكل (٤-٢-١-١-١-١٥) شكل ثقب الانتشار في فطريات هذه الغمامة، حيث يلاحظ تحلل جزء من جدار الكيس مع تواجد الطبقة الداخلية للجدار، وحدوث إزاحة داخلية لمكونات الكيس الإسبورانجي.





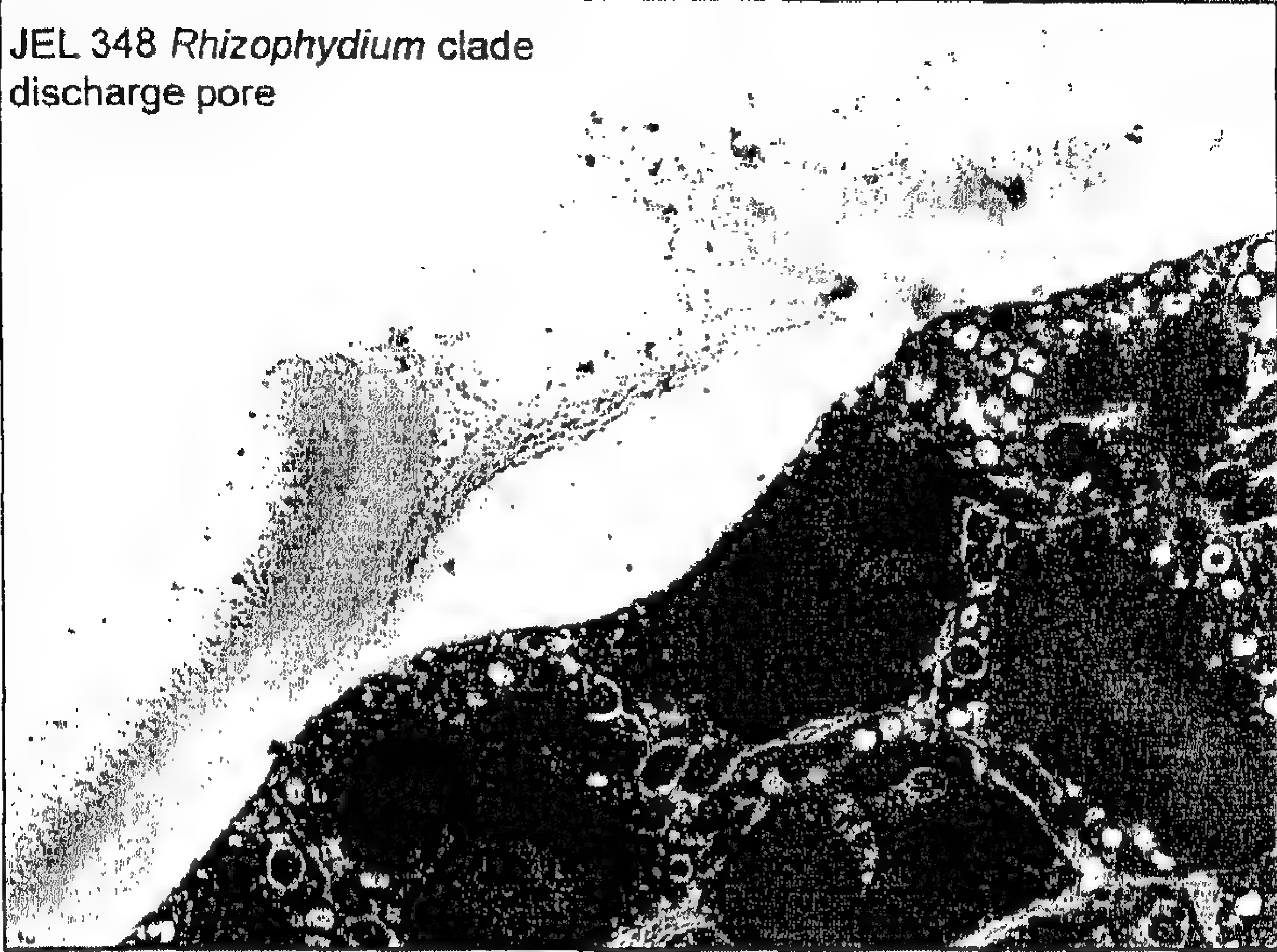
JEL 197 *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Rhizophydium* clade). Longcore 1999. Mycologia 91: 219-227.

شكل (٤-٢-١-١-١-١٣): النوع *Batrachochytrium dendrobatidis*.



JEL 332 *Kappamyces* sp., *Rhizophydium* clade
vesiculated area absent
spur absent

شكل (٤-٢-١-١-١-١٤): النوع *Kappamyces laurelensis*.



شكل (٤-٢-١-١-١-١٥): ثقب الانتشار في الكيس الإسبورانجي لغمامة *Rhizophydium*.

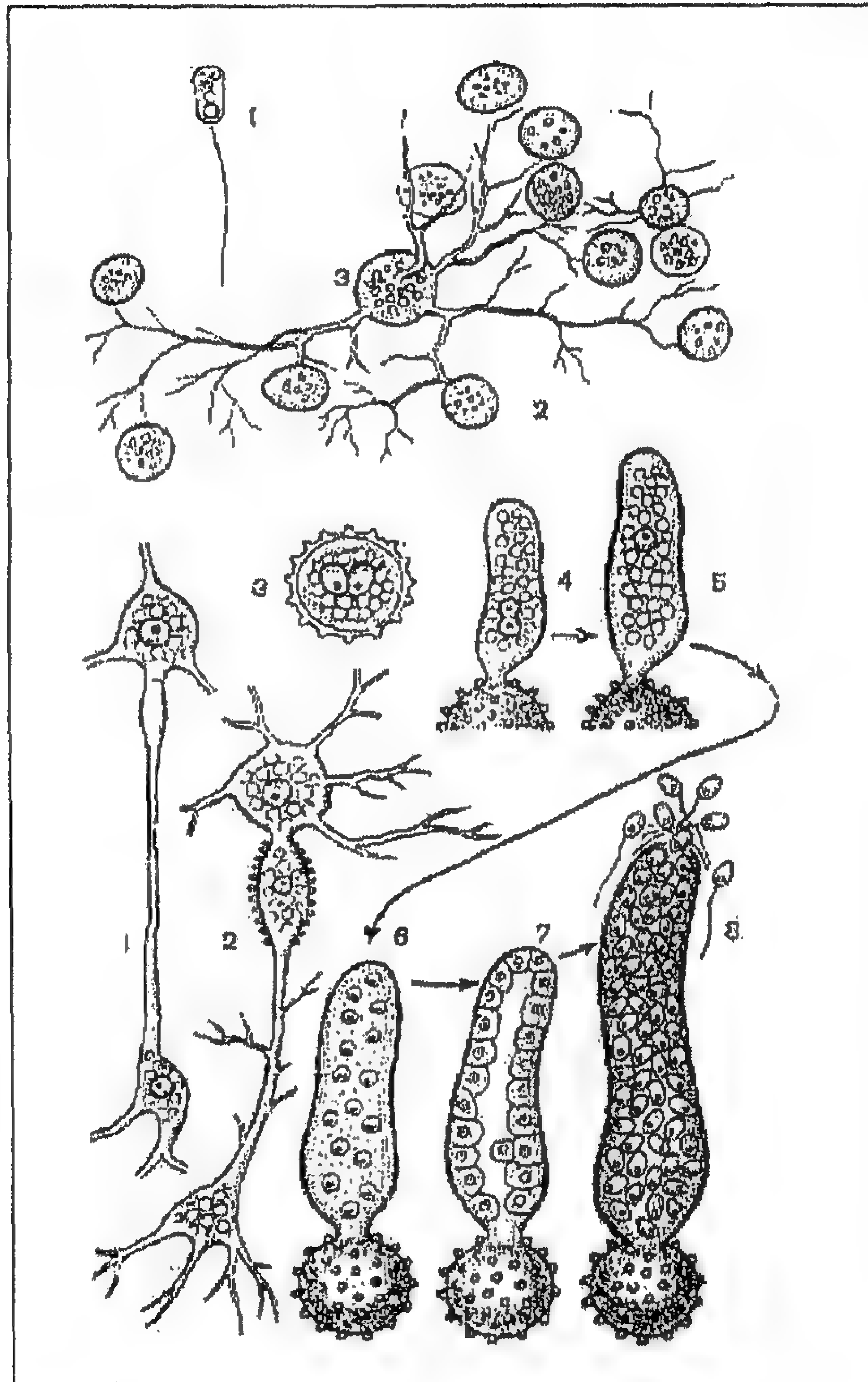
من أهم أجناس الفصيلة الكيتريدية الجنس *Polyphagus* الذي يمثل منحنى تطوري في التركيب الثالوسي في هذه الفصيلة.

من أهم أنواع هذا الجنس النوع *P. euglena* الذي يتطفل على طحلب اليوجلينا. يستطيع الشبه جذري الواحد أن يصيب أكثر من ٥٠ خلية طحلبية، حيث تعمل نهايات الشبه جذري الواحد على إصابة أعداد كبيرة من الطحلب.

ينمو الجزء الذي كان يدعى بالجرثومة السابحة، حيث يرتدي جداراً ويستطيل حتى يصل طوله إلى ٢٧٥ ميكرومتر، وفيه تتكون عدة مآت من الجراثيم السابحة.

وفي حالة نقص المادة الغذائية، يسعى الفطر إلى التكاثر الجنسي، وفي هذه الحالة ينمو من الحافظة الجرثومية صغيرة الحجم (في الغالب الجاميطة المذكرة) في اتجاه حافظة أخرى كبيرة الحجم (غالباً مؤنثة) نمو، سرعان ما يندمج مع الحافظة المؤنثة، وعبره ينتقل بروتوبلاست الجاميطة المذكرة إلى المؤنثة. يتكون الزيجوت من إتحاد مكونات كل من

العضوين، وبعد عدة أشهر يتكون من الزيجوت كيس إسبورنجي يحتوي على المئات من الجراثيم ذات السوط الخلفي. ويوضح شكل (٤-٢-١-١-١-١٦) دورة حياة النوع *Polyphagus eulegna*.



شكل (٤-٢-١-١-١-١٦): الفطر *Polyphagus eulegna*:

أعلى: ١) جرثومة سابحة. ٢) الميسليوم الجذري مخترق العائل.

٣) الجرثومة السابحة بعد تطورها.

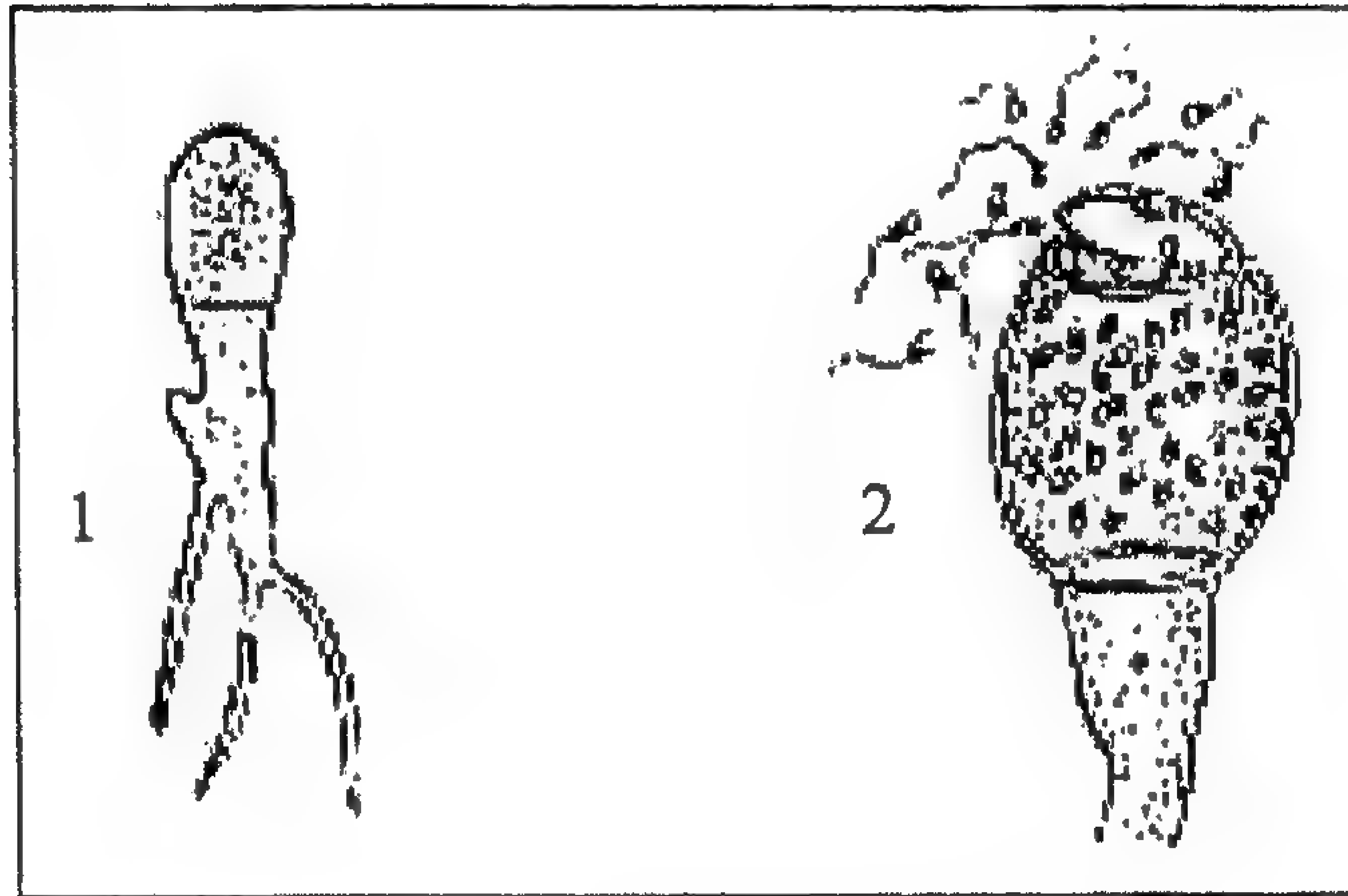
أسفل: الآلية الجنسية: ١-٢) إندماج الجاميطات المذكرة (الصغيرة) والمؤنثة (الكبيرة).

٣) اللاقحة (الزيجوت).

٤-٨) إنبات اللاقحة وتكوين الجراثيم السابحة.

من أهم أنواع هذا الجنس كذلك، النوع *P. hyponeustonica* والنوع *P. serpentines* والنوع *P. starrii*.

الجنس ***Macrochytrium*** أحد الأجناس واسعة الانتشار في الماء على الثمار المتحللة. ومن أهم أنواعه *M. botrydioides* (شكل ٤-٢-١-١-١-١٧).



شكل (٤-٢-١-١-١-١٧): الجنس *Macrochytrium*.
١) الثالوس. ٢) خروج الجراثيم السابحة من الكيس الغطائي.

فعندما تجد الجرثومة السابحة مكاناً لها على ذلك الجسم المتحلل، تثبت نفسها، ثم ترتدي جداراً، يتميز الفطر إلى محور إسطواني غليظ وشبه جذر يخرج من قاعدته ومن أحد الأجناب، بالقرب من الطرف العلوي، تبدأ الأفرع الجانبية في الظهور، وفي نهايتها يتكون كيس إسبورانجي كبير الحجم ويرى بالعين المجردة. الكيس ذو جدار سميك، يصل طوله إلى ١مم وعرضه ٠,٧٥مم، وعلى قمة الكيس يتكون غطاء، والذي سرعان ما يفتح، فتخرج منه المتكونات الداخلية محاطة بغشاء رقيق، وعند يصل حجمها حجم الكيس الإسبورانجي، يتمزق الجدار وتتحرر منه قرابة ١٠٠٠ جرثومة ذات سوط خلفي واحد، ولم يعرف بعد كيفية حدوث التكاثر الجنسي في هذا النوع، ولم يعثر له على تراكيب ساكنة.

ومن أنواع هذا الجنس *M. botrydiella*.

٤-٢-١-١-٢ الفصيلة السينكترية:

Family Synchytriaceae

أحد فصائل رتبة الكيتريدياليات أفرادها داخلية المعيشة كلية الإثمار. الحوافظ الجرثومية غير غطائية inperculate. تضم الفصيلة ثلاثة أجناس هي الجنس *Endodesmidium* والجنس *Micromyces* والجنس *Synchytrium* والذي عرفه de Bary و Woronina عام ١٨٦٣م.

الجنس ***Synchytrium*** واسع المدى التطفلي. وجميعها عوائل نباتية أرضية، الفطر ممرض للأوراق والثمار والسوق. تبدو النباتات المصابة صغيرة الحجم. بنية إلى سوداء، ويتواجد الفطر داخل خلايا النباتات المصابة.

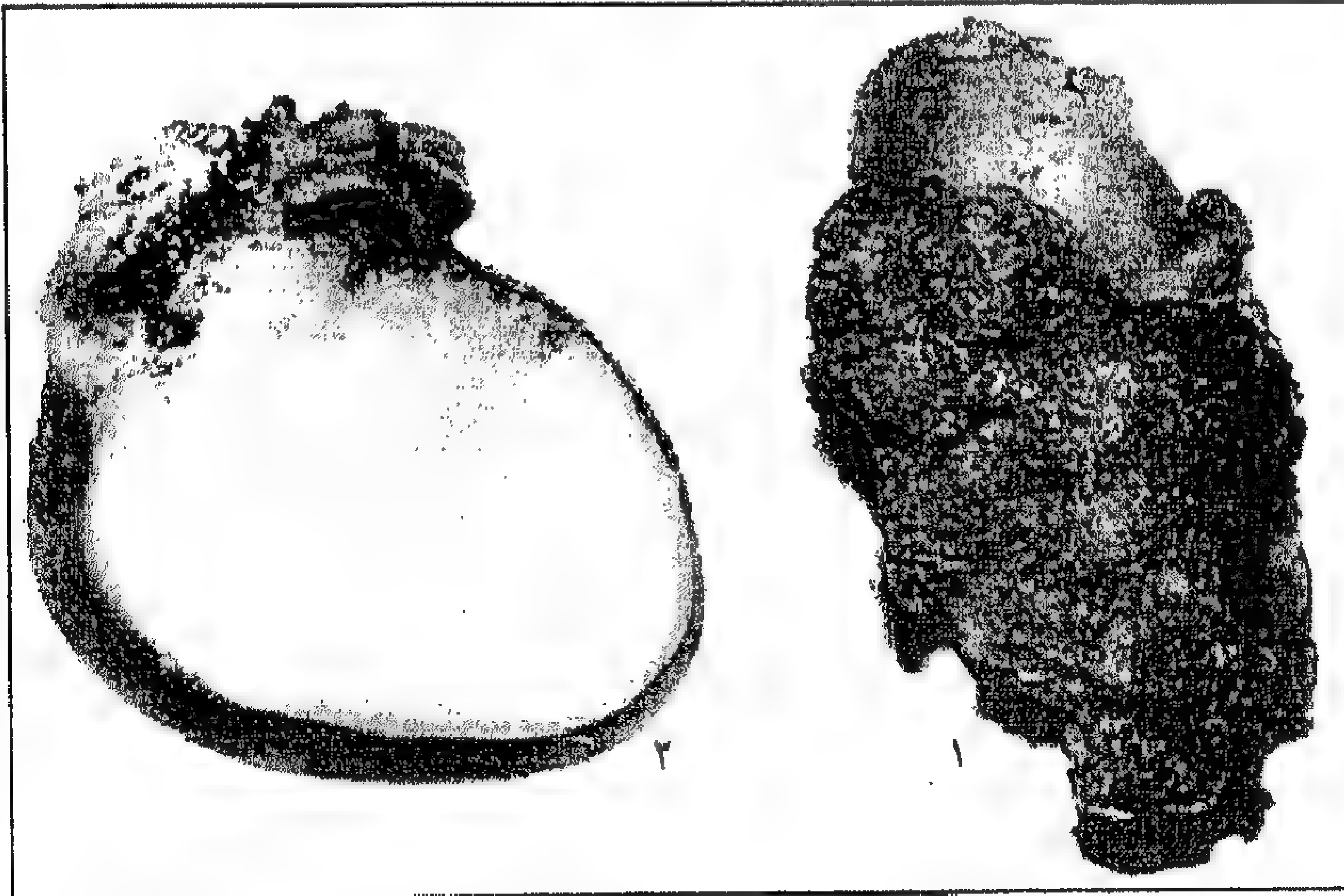
يعتبر النوع *S. endobioticum* أخطر الأنواع. يسبب المرض المعروف بسرطان البطاطس. تظهر على المجموع الجذري لنبات البطاطس كتل تورمية (شكل ٤-٢-١-١-٢-١) كما تبدو الدرنات المصابة ذات نموات غير طبيعية أو أورام (شكل ٤-٢-١-١-٢-٢)، عادة ما يبدأ ظهور الأعراض من عيون الدرنات. ومع استمرار النمو يتزايد حجم الورم، وقد يصل لحجم مماثل لحجم الدرنة، ثم يبدأ الورم في التحلل التدريجي ثم يسود.

يبدأ تكوين الأورام بعد أن تسكن الجراثيم السابحة على سطوح الدرنات الصغيرة، حيث يخترق خلية البشرة، وتحت تأثير الطفيل تبدأ الخلية المصابة في الزيادة الحجمية، وتستجيب الخلايا المجاورة لذلك العامل المحفز، فتأخذ في الانقسام مؤدية لتمزق القشرة. يتزايد حجم الطفيل داخل الخلية، ثم يرتدي جداراً من طبقتين ويتحول إلى ما يسمى بالحافظة الصبغية summer cyst، سرعان ما يتكون داخلها تجمع من ٥-٧ إلى ٩ أكياس إسبورانجية، وفي كل منها يتواجد قرابة ٣٠٠ جرثومة أحادية السوط الخلفي، وتحت ضغط

نمو الخلايا المجاورة تنبثق الأكياس من الحافظة، من خلال الأنسجة المهشمة تتحرر الجراثيم السابحة والتي تستطيع إعادة الإصابة (شكل ٤-٢-١-١-٢-٣).

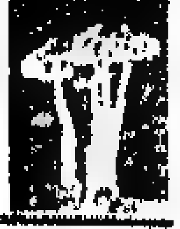


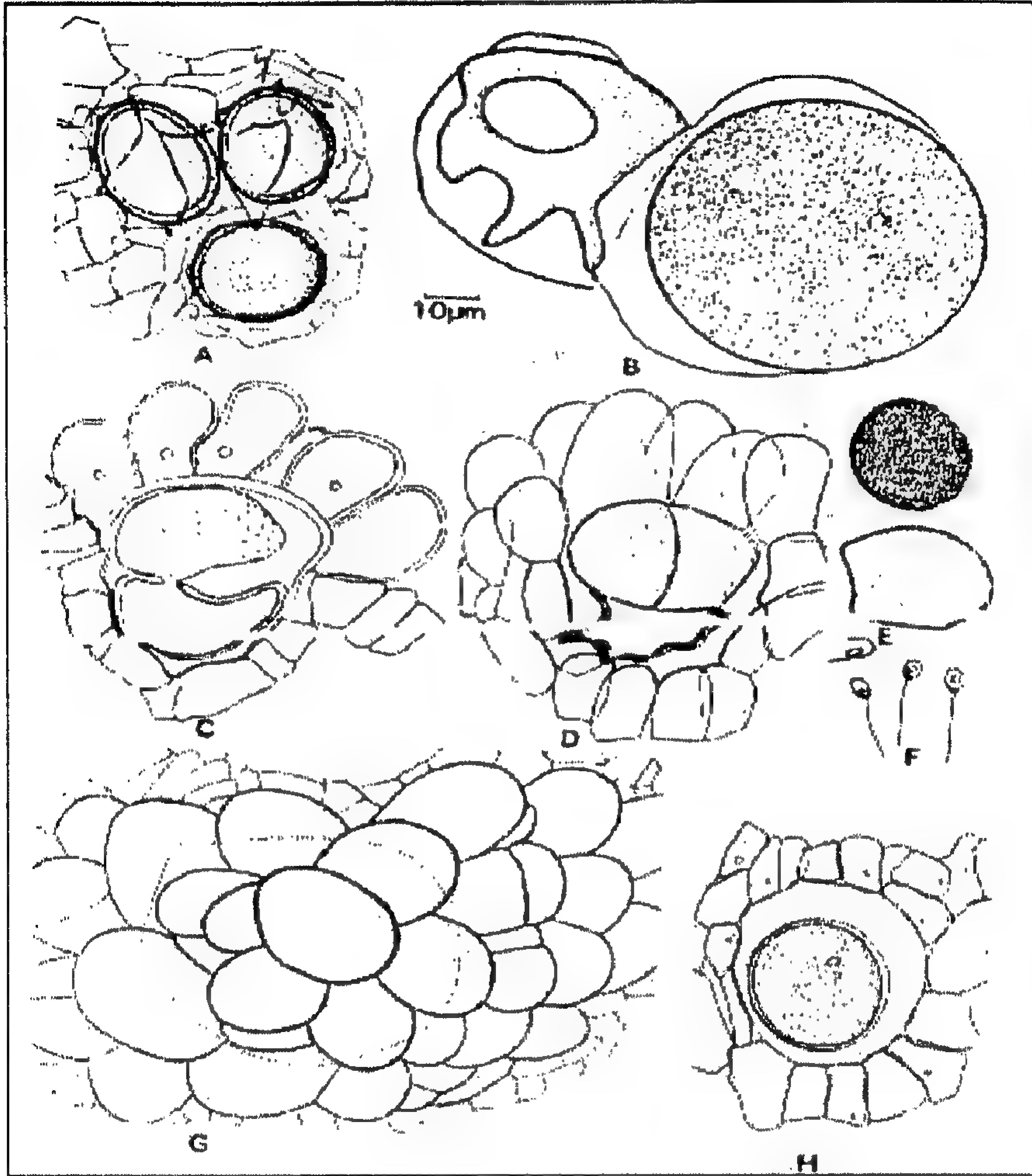
شكل (٤-٢-١-١-٢-١): الأورام السرطانية المتسببة عن الفطر *Synchytrium endobioticum* على جذور نبات البطاطس.



شكل (٤-٢-١-١-٢-٢): الأورام السرطانية المتسببة عن الفطر *Synchytrium endobioticum* في الدرنات.

١) منظر عام للدرنة المصابة. ٢) قطاع عرضي في الدرنة المصابة.





شكل (٤-٢-١-١-٢-٣): الفطر *Synchytrium endobioticum*:

A) جراثيم ساكنة في قطاع من الثألول.

B) كيس إسبورانجي ساكن في حالة إنبات حيث يظهر فقاعة vesicle تحوي كيس إسبورانجي مفرد كروي.

C) قطاع في خلية مصابة تحوي بثرة أولية، وتعطي البثرة الأولية فقاعة. يلاحظ النمو الزائد للخلية المصابة والخلايا المجاورة.

D) إنشقاق محتويات الفقاعة لتعطي جراثيم سابحة.

E) كيسين جرثوميين.

F) جراثيم سابحة.

G) الشكل الوردي للثألول من الخارج.

H) كيس اسبورنجي صغير ينشأ من الإصابة باللاقحة.

(عن Webester. 1970 : انظر قائمة المراجع)

خلال فصل الصيف تتعدد مرات تكوين الجراثيم السابحة. وفي الخريف تتكون الحوافظ الجرثومية ذات الجدار السميك، ويعتقد أن هذه الحوافظ تنشأ من إصابة اللاقحة للنسيج النباتي (شكل ٤-٢-١-١-٢-٤). تنشأ اللاقحة من اقتران مشيمين متحركين (أصغر قليلاً من حجم الجرثومة السابحة)، ويحدث هذا التزاوج على سطح العائل أو في التربة في وجود غشاء من الماء. لا تلبث اللاقحة بعد اختراقها للعائل أن تغوص لقاعدة الخلية. ثم تستحث الخلايا للانقسام. يكبر الطفيل في الحجم ثم يحيط نفسه بجدار سميك يحوله إلى جرثومة ساكنة. في الربيع يظهر في السيتوبلازم عدداً من الحبيبات هي منشآت الجراثيم السابحة، ويعتقد أنه قبيل تكوين الجراثيم يحدث الانقسام الاختزالي، والجراثيم المتحررة من هذه الحوافظ أكبر حجماً.



شكل (٤-٢-١-١-٢-٤): جرثومة ساكنة ذات جدار سميك للفطر *Synchytrium endobioticum*:

تتواجد عدة أشكال لمرض "السرطان"، حيث يأخذ الورم شكل "الورقة" وإذا ما أصيبت المدادات، لا تتكون درنات.

أمكن بالحقن الصناعي إصابة عوائل أخرى مثل الطماطم وغيره، ويعتقد أن نباتات العائلة الباذنجية قد تكون عوائل له.

سجل الطفيل لأول مرة في المجر عام ١٨٩٦م؛ إلا أن الموطن الأصلي له لا زال غير معروف حتى الآن. انتشر المرض بعد ذلك بكثرة في غرب أوروبا، وفي سنة ١٩١٨م سجل في الولايات المتحدة الأمريكية، وفي الوقت الراهن يتواجد المرض في أوروبا وأمريكا الشمالية والجنوبية واليابان وجنوب أفريقيا.

أمكن التعرف على ٧ سلالات مختلفة للفطر (من أوروبا) يمكنها إصابة التراكيب الوراثية المقاومة، ومن أخطر ما عرف من سلالات السلالة التي وجدت في ألمانيا عام ١٩٤١م.

سجل في أوروبا عدداً من الأنواع التابعة للجنس *Synchytrium* منها *S. taraxaci, S. anemones, S. mercuriales* ويمكن التفرقة بين هذه الأنواع عن طريق تكوين الحوافظ الصيفية والشتوية.

بعض الأنواع شديدة الوطأة على النباتات، وفي إحدى الدراسات على النوع *S. mercuriales* (سلالة تكساس) وجد أنها تصيب ٧٦٧ نوع نباتي. تنتمي إلى ٥٠٩ جنس تابعة لـ ١٤١ عائلة نباتية.

٤-٢-١-١-٣ الفصيلة الكلادوكتريية:

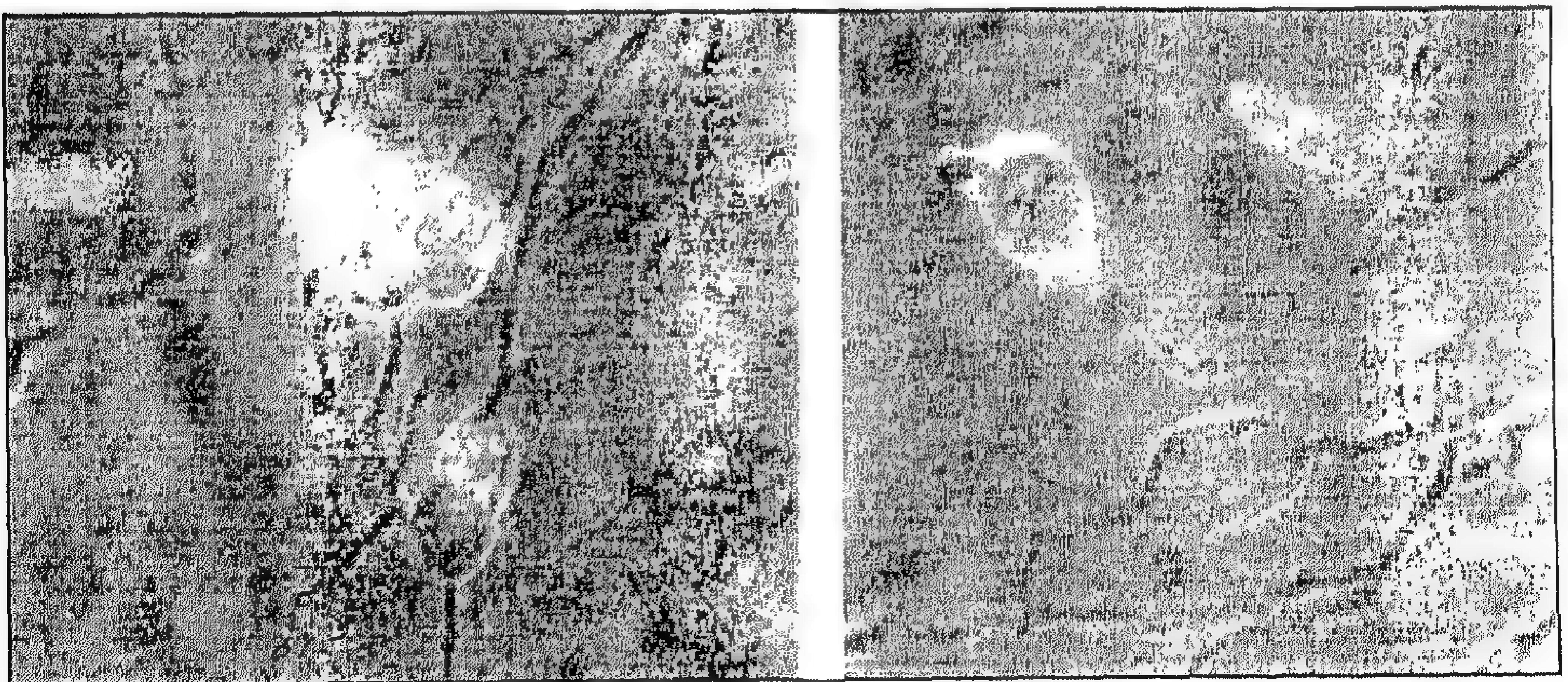
Family Cladochytriaceae

تضم هذه الفصيلة ما يزيد عن ثلاثة عشر جنساً. أهمها أجناس *Cladochytrium, Nowakowskiella, Amoebochytrium, Megachytrium, Nephromyces, Physochladia, Saccopodium* يعيش أفرادها في الماء، حيث يتطفل بعضها على أوراق وسيقان نباتات المستنقعات المائية.

الجنس *Cladochytrium* يعد علامة تطورية هامة في رتبة الكتيريديالات، ويضم النوع *C. replicatum* (شكل ٤-٢-١-١-٣-١) والموضح تفصيلاً في المخطط (شكل ٤-٢-١-١-٣-٢).

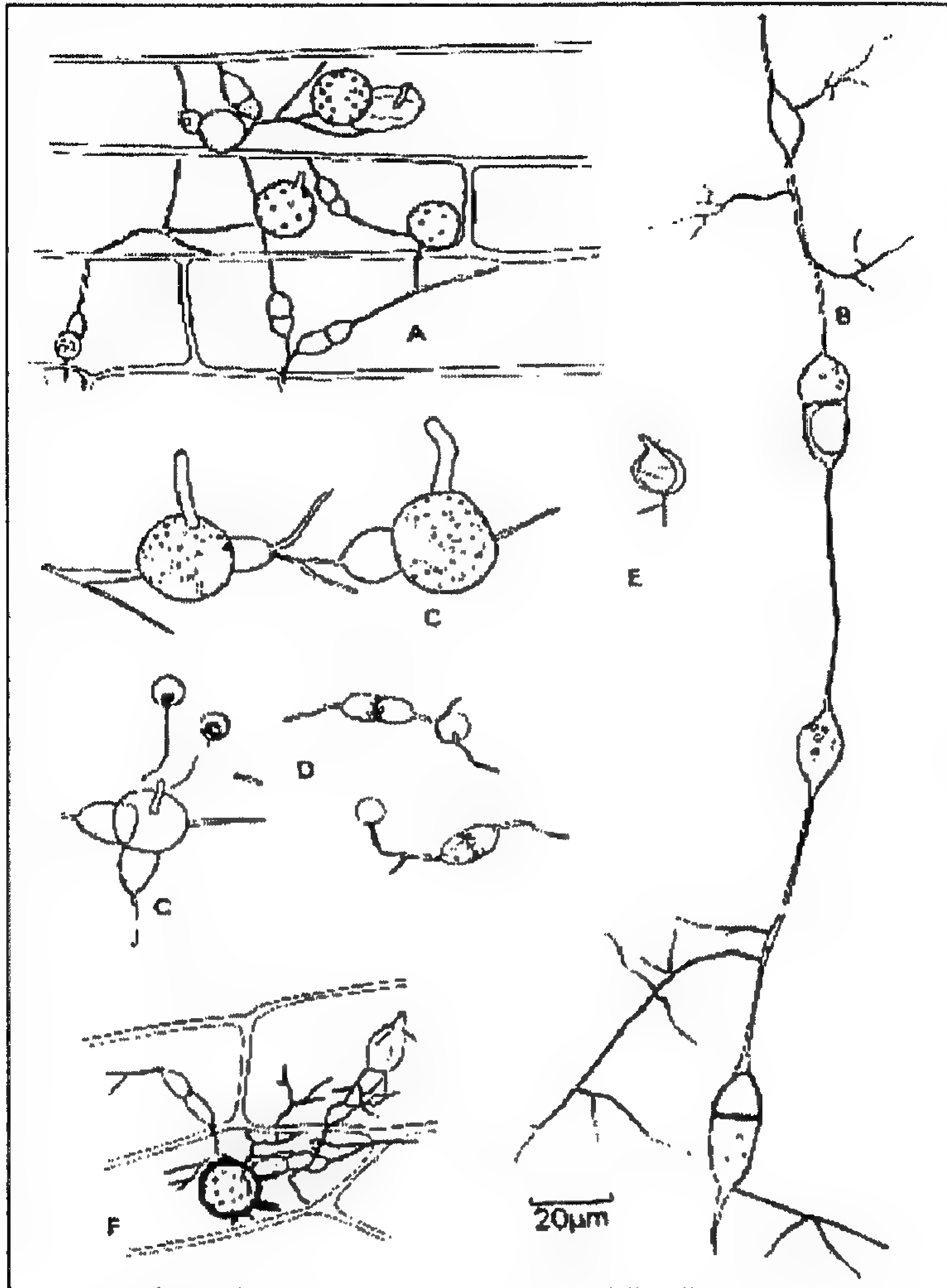
حيث يكون ما يسمى بالخلايا المحتشدة collective cells، وفي هذه الحالة يشاهد إنتفاخات على الميسلسوم الجذري، يتكون كل إنتفاخ من خلية واحدة أو عدة خلايا يحتوي كل منها على نواة واحدة.

تنشأ هذه التراكيب عندما تسقط جرثومة سابحة على العائل النباتي، ترتدي جداراً، تذيب ثقب في جدار العائل، ثم تمر من خلاله مكونات الجرثومة لداخل العائل، تعطي هيفا جذرية، وهذه سرعان ما تنتفخ نهايتها، حيث تنتقل إلى الإنتفاخ نواة-نواة الجرثومة السابحة. تنقسم النواة إلى نواتين، سرعان ما يتكون جدار فاصل بينهما. تستعيد الهيفا الجذرية نموها مرة أخرى، حيث تنتقل إليها نواة الخلية البعيدة، ثم تنتفخ مرة أخرى، وتعيد النواة انقسامها، وهكذا تنشأ الخلايا المحتشدة. الإنتفاخات إما أن تعاود النمو أو تتحول إلى كيس إسبورنجي، تخرج جراثيمه من قناة رفيعة طويلة إلى الخارج، حيث تصيب عوائل أخرى جديدة. ولم تعرف للفطر طريقة للتكاثر الجنسي. من أهم أنواعه *C. salsuginosum, C. novoguineense, C. indicum, C. tenue*.



شكل (٤-٢-١-١-٣-١): الفطر *Cladochytrium replicatum*.





شكل (٤-٢-١-١-٣-٢): الفطر *Cladochytrium replicatum*:

A) الميسـليوم الجـذري داخـل خليـة البشـرة لنبـات مـائي يشـاهد زوج الخلايـا الدائريـة الشـكل والكـيس الجرسومي برتقالي اللون.

B) الميسليوم الجذري والخلايا الدائرية في مزرعة.

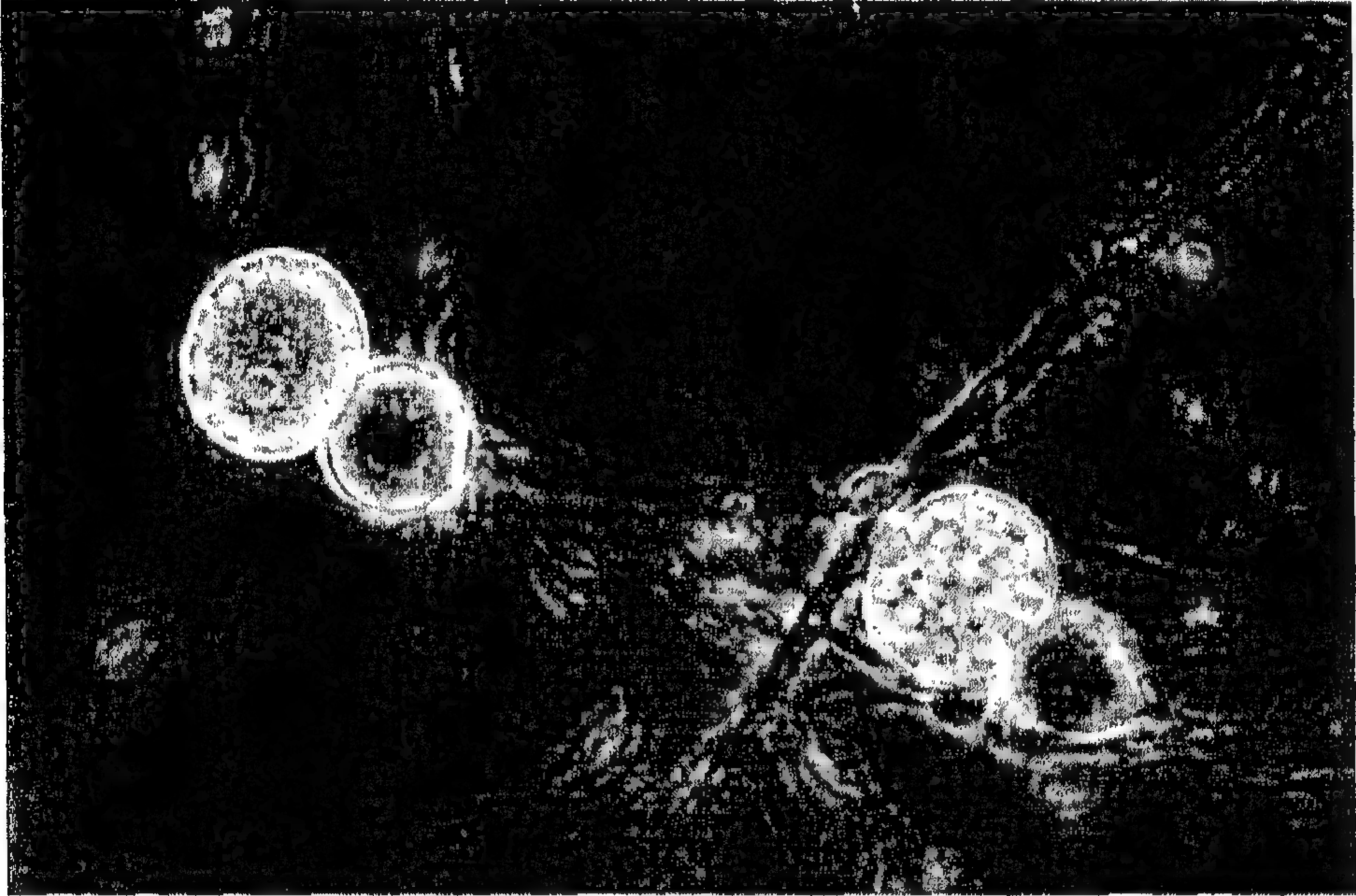
C) كيس اسبورنجي من مستعمرة عمر أسبوعان.

D) جرثومة نابتة تحوي كرة برتقالية اللون على أوراق قمح مغـلاة، تنمـو أنبوبـة الإنبـات لتعطـي الخلايـا الدائرية.

E) كيس اسبورنجي ينمو داخل كيس فارغ.

F) ميسليوم جذري داخل ورق قمح مغلاه ذات كيس جرثومي ساكن.

الجنس *Nowakowskiella* يعد من الأجناس واسعة الانتشار في المياه العذبة في مختلف بقاع العالم. وأكثر أنواعه وفرة النوع *N. elegans, N. replicatum, N. ramose* (شكل ٤-٢-١-١-٣-٣).



شكل (٤-٢-١-١-٣-٣): الفطر *Nowakowskiella elegans* يشاهد بوضوح الكيس الاسبورانجي الناضج والإنتفاخات الميسليومية.

الثالوس هو ميسليوم جيد التكوين، كثير التفرع وقد يبدو مقسماً، ويحمل على طرفه أو جانباً الأكياس الاسبورانجية أو الجراثيم الساكنة.

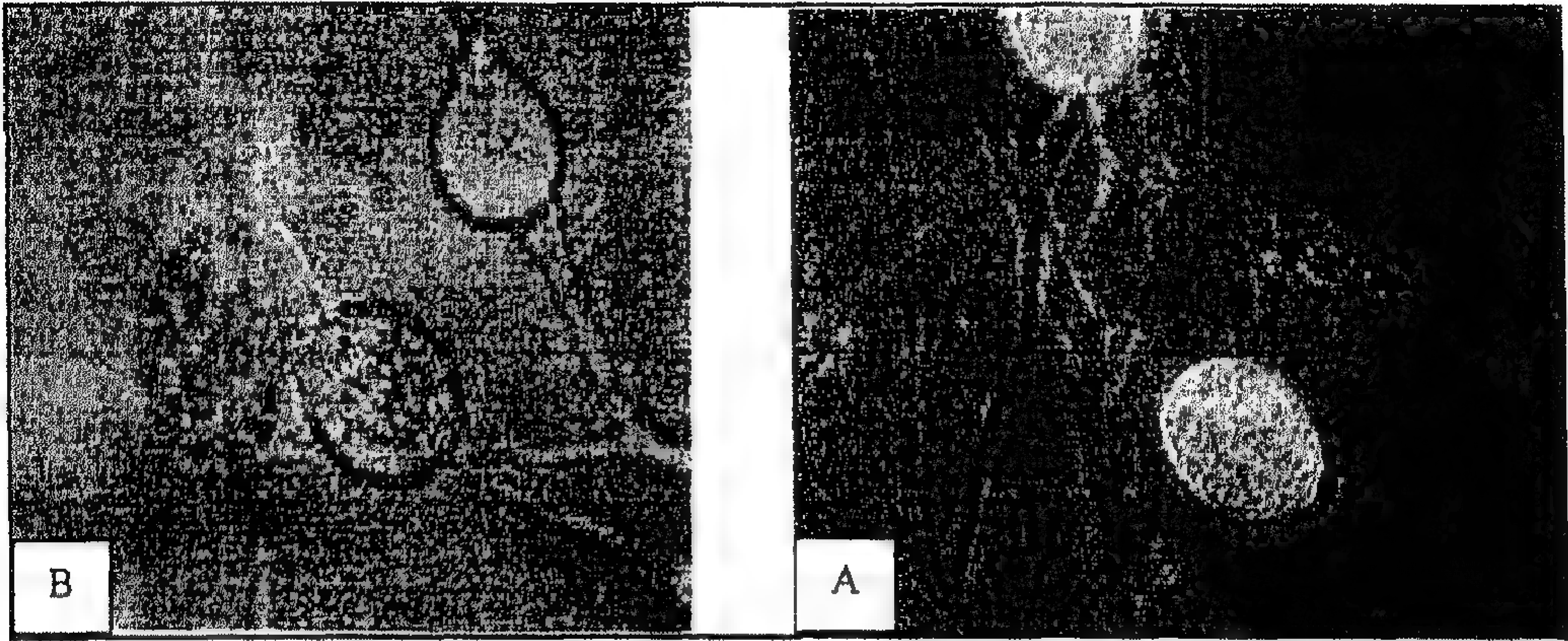
الجراثيم السابحة وحيدة السوط الخلفي ذات قبعة هلالية تحيط بنواة الجرثومة وتشغل قرابة ثلث فراغ الجرثومة، تسبح في الماء، وعندما تشرع في التحول للشكل الحوصلي تختفي القبعة الهلالية، ثم تنبت الحوصلة في الماء بإعطاء أنبوبة إنبات والتي تأخذ في التفرع الثنائي المحور، بعدها تبدأ الإنتفاخات في الظهور، وقد يستمر بقاء النواة في الجرثومة حتى تظهر الإنتفاخات، ثم تنقسم، وتهاجر أحد الأنوية إلى أنبوبة الإنبات حيث يحدث

الإنتفاخ حول النواة، ومع استمرار نمو الثالوس، يتفرع ثنائياً (شكل ٤-٢-١-١-٣-٤) مع استمرار تكوين الإنتفاخات.



شكل (٤-٢-١-١-٣-٤): الميسليوم ثنائي التفرع في الجنس *Nowakowskiella*.

الإنتفاخات إما أن تكون كروية أو معزلية الشكل أو غير منتظمة الأبعاد. تظهر كثير من الأشباه الجذرية من مختلف أجزاء الثالوس وتخترق الطبقة التحتية، وقد تستعرض معطية تراكيب صفائحية، ولا توجد الأنوية إلا في مناطق الإنتفاخات. بعد فترة من نمو الثالوس تظهر من الإنتفاخات أو من الخيط الذي يربط بين الإنتفاخات خيوط، أطلق عليها اسم الخيوط المتموجة flexous filaments تواصل تفرعها الثنائي، ثم تعطي إنتفاخات متطاولة، مغزلية الشكل تحوي العديد من الأنوية، وبذلك تتكون الأكياس الاسبورانجية من إنتفاخات أطراف الخيوط المتموجة. قد تكون الأكياس طرفية أو بينية (شكل ٤-٢-١-١-٣-٥). يتزايد الإنتفاخ في الحجم ويستدير شكله وينفصل بجدار عرضي عن قاعدته.



شكل (٤-٢-١-١-٣-٥): الأكياس الاسبورانجية البينية (A) والطرفية (B) في الجنس *Nowakowskiella*.

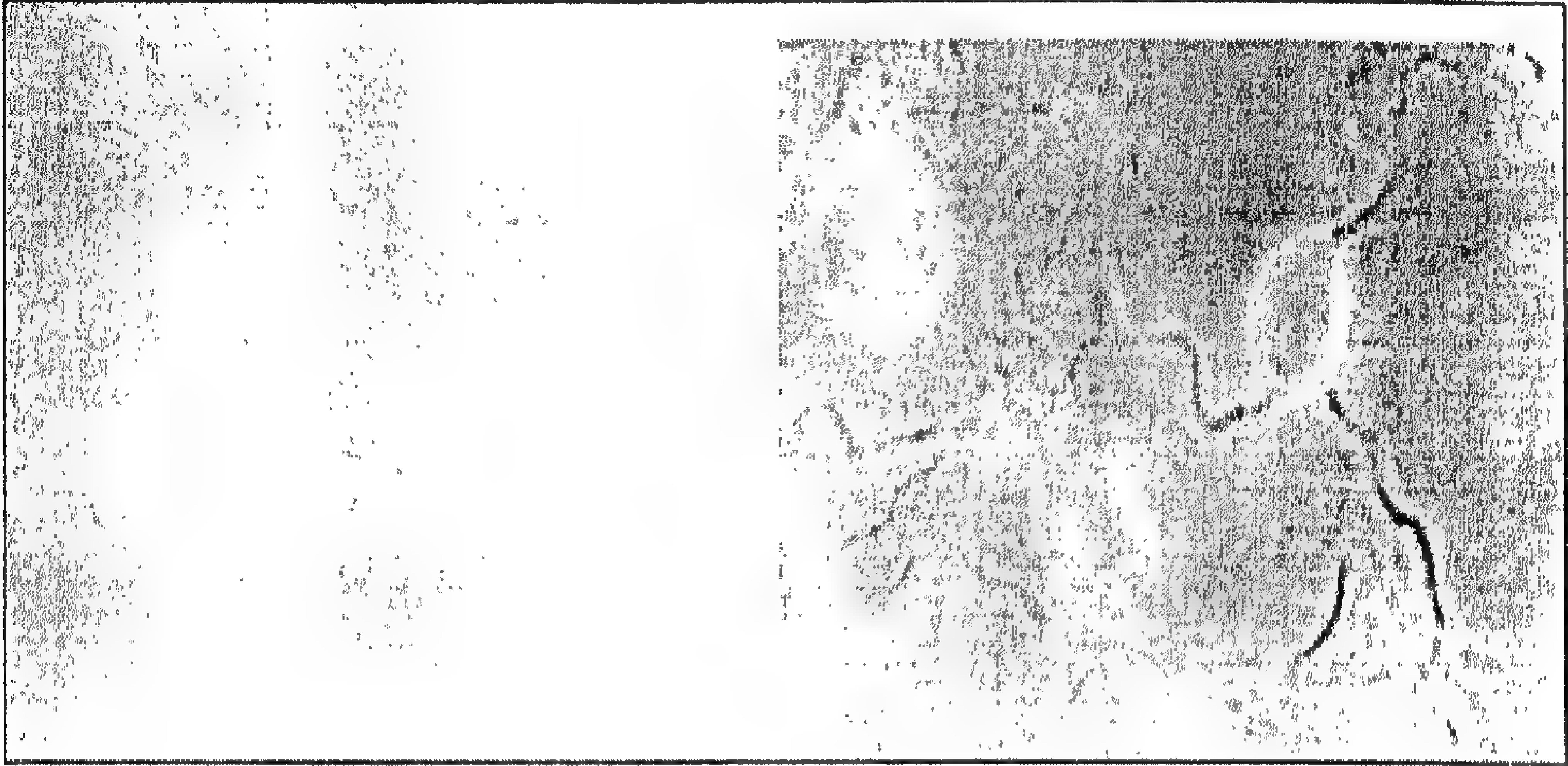
داخل الكيس تبدأ الجراثيم السابحة في التكوين، يتزايد سمك الجدار ويظهر الغطاء فوقه (شكل ٤-٢-١-١-٣-٦) ومن خلال الغطاء تنطلق الجراثيم فرادى، ويقدر عدد الجراثيم الهاربة من الكيس الواحد بحوالي ٣٦ جرثومة.



شكل (٤-٢-١-١-٣-٦): تمايز الجراثيم داخل الأكياس الاسبورانجية في الجنس *Nowakowskiella*.

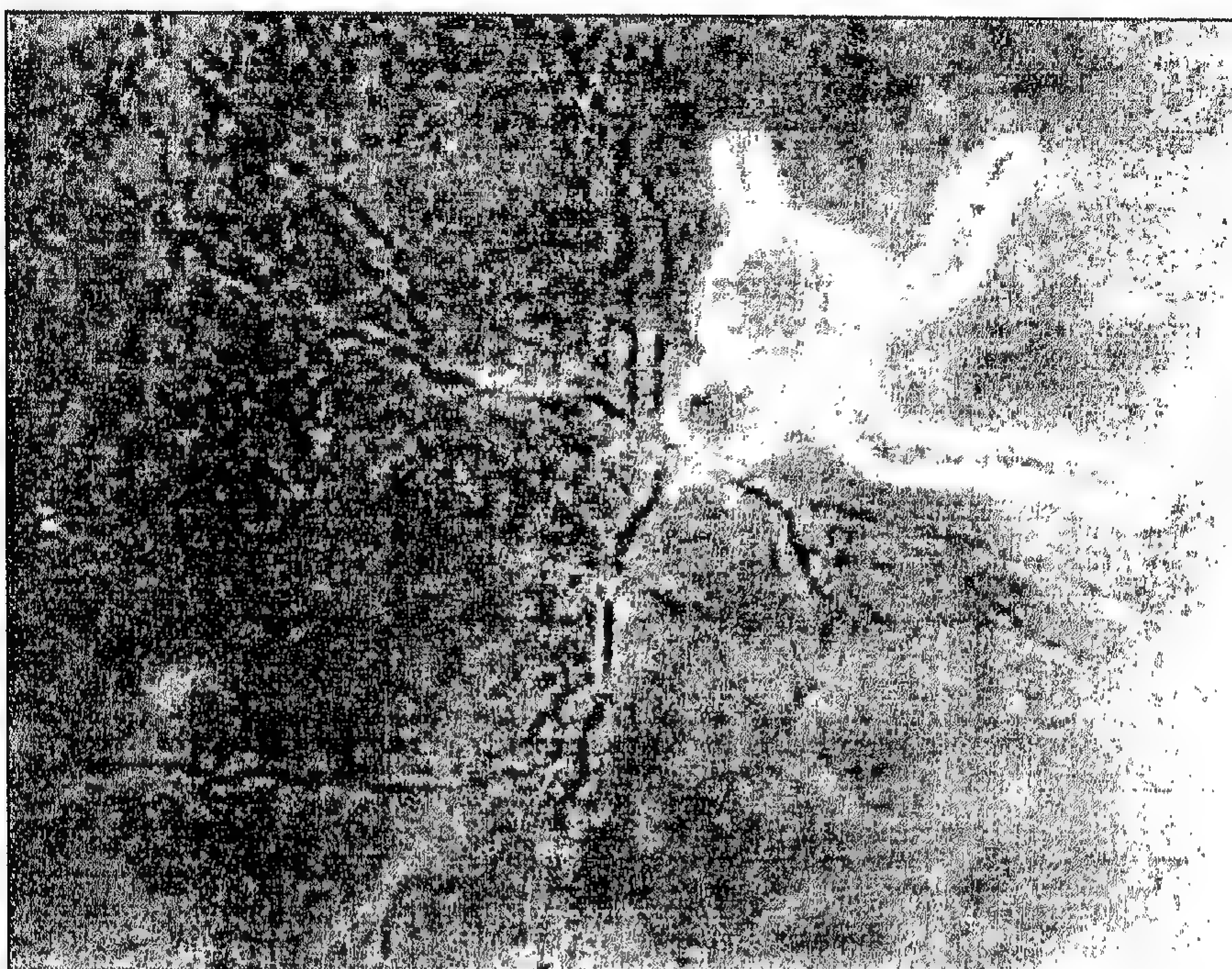
تنشأ الجراثيم الساكنة في هذا الجنس من النسيج البارنشيمي الكاذب والذي يتكون بشتى الصور، ولم يعرف بعد هل يسبق تكوينها إتحاد نووي أم لا؟ تنبت الجراثيم الساكنة حيث تعطي جراثيم سابحة مباشرة.

الجنس ***Physocladia*** تظهر فيه الخلايا المحتشدة أكثر وضوحاً وكذا الخيوط المتموجة. ويوضح شكل (٤-٢-١-١-٣-٧) الخلايا المحتشدة وتكوين الأكياس الاسبورانجية وطريقة خروج الجراثيم. ومن أهم أنواعه *P. obscura*.



شكل (٤-٢-١-١-٣-٧): الجنس *Physocladia*.
الصورة اليمنى توضح تكوين الخلايا المتدة، الصورة اليسرى توضح شكل الكيس الاسبورانجي.

الجنس ***Nephromyces*** أحد الأجناس المثيرة للدهشة، حيث يعيش فيما يسمى renal sac لحيوان بحري هو *Molgula manhattensis* وهي عضو غير منقبض لم يعرف وظيفته. تحتوي هذه الحافظة على رواسب صلبة "مركزة" من حمض اليوريك وأكسالات الكالسيوم، كما يوجد داخل هذه الحافظة الفطر التكافلي المعيشة *Nephromyes* والذي يحيط بهذه المركزات يحتوي الفطر نفسه على بكتريا تعيش داخله تكافلياً. وقد ثبت أن هذين الكائنين (الفطر + البكتريا) يعملان معاً على تحليل حمض اليوريك. وقد ثبت أن نمو الحيوان في وسط خالي من الفطر يقلل من أعداد الحيوانات الناضجة جنسياً. ويوضح شكل (٤-٢-١-١-٣-٨) شكل الميسليوم الجذري للجنس *Nephromyes* كما تظهر الأكياس الاسبورانجية لهذا الفطر.



شكل (٤-٢-١-١-٣-٨) : الجنس *Nephromyes*. الخيوط الميسليومية والكيس الاسبورانجية للفطر.

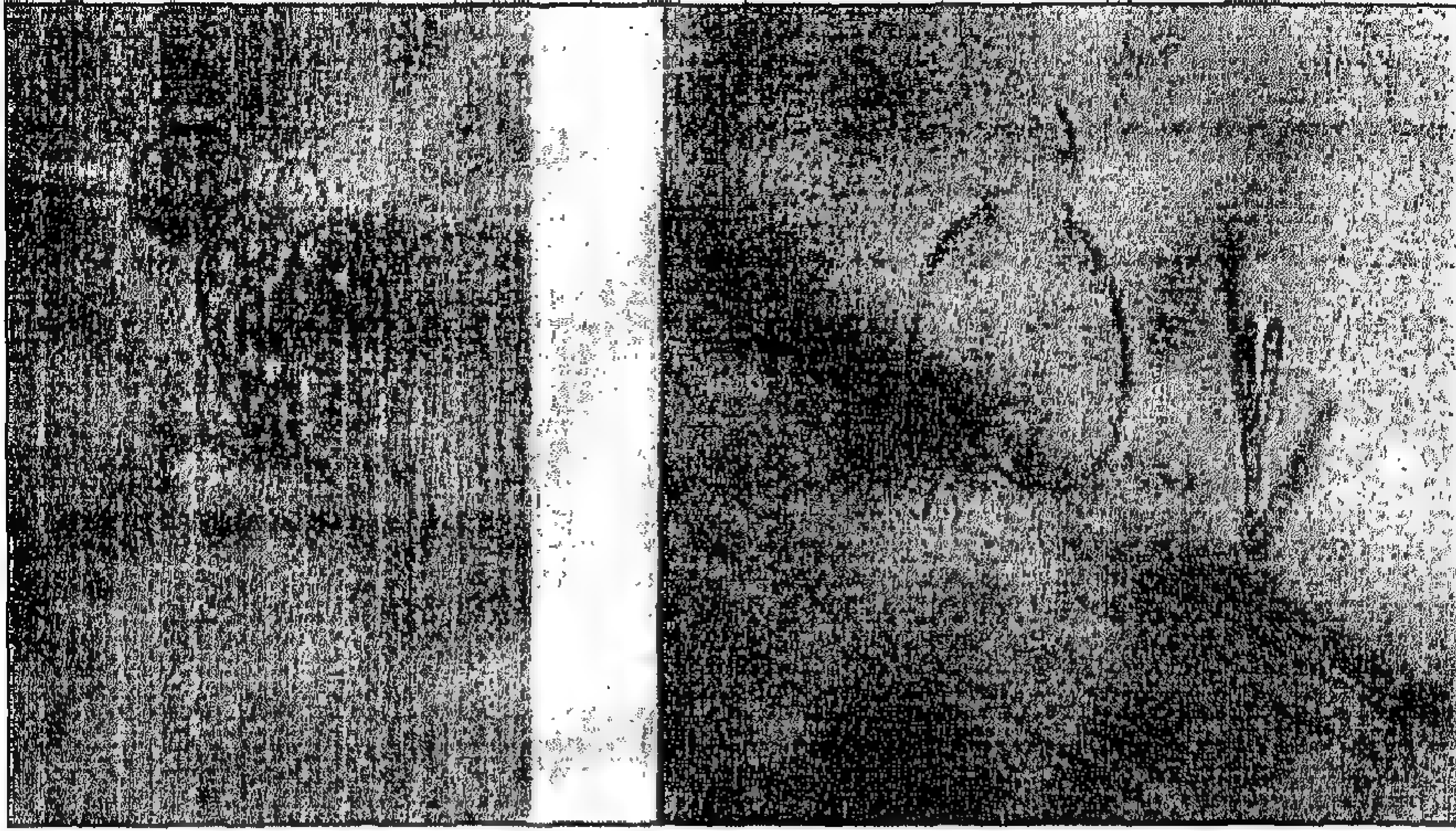
٤-٢-١-١-٤ الفصيلة الإندوكتريية:

Family Endochytriaceae

تضم هذه الفصيلة ما يزيد عن العشرة أجناس. تمتاز أفرادها بأن الثالوس حقيقي أو كلي الإثمار، أحادي المركز.

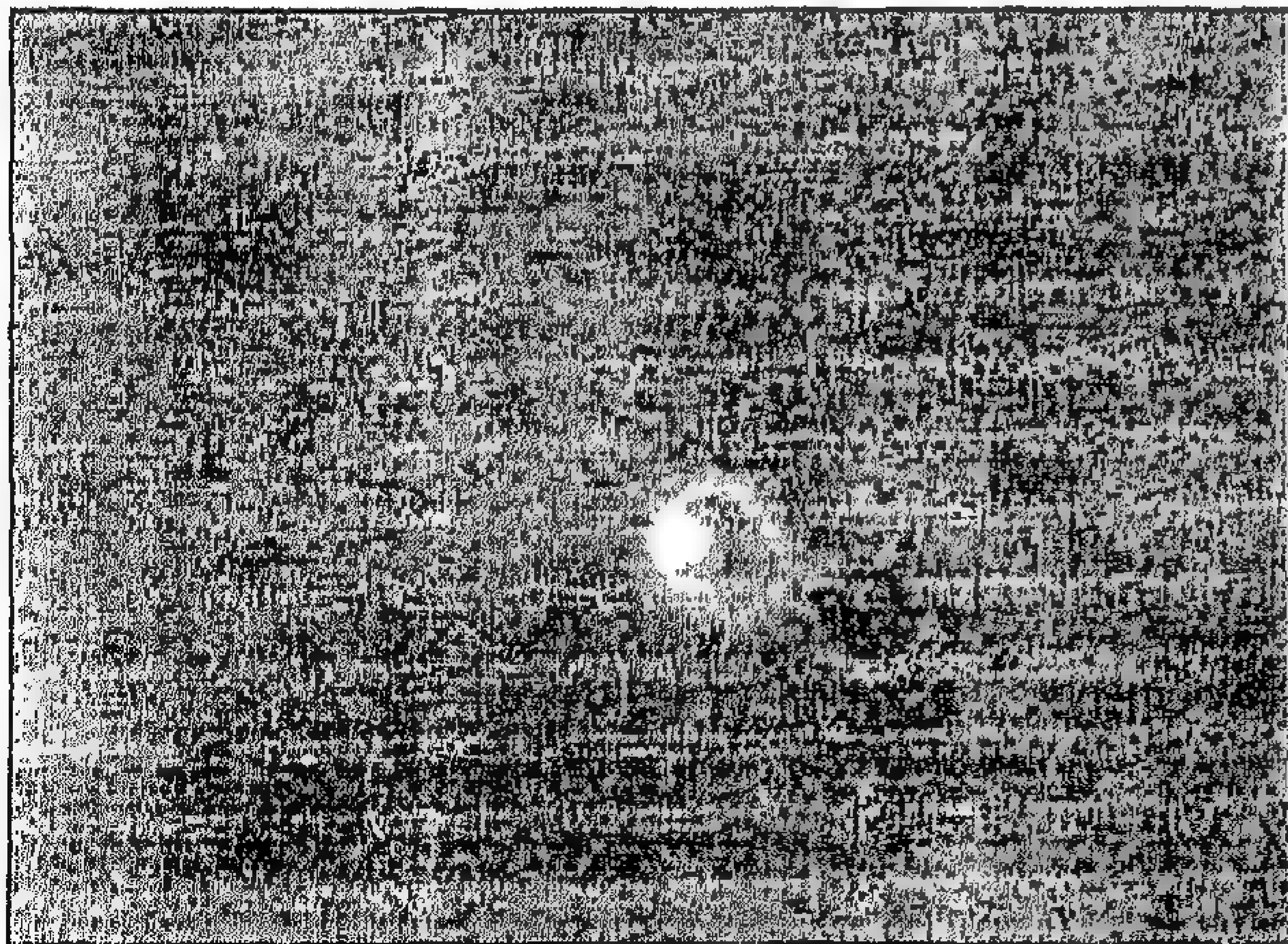
بعد أن تسبح الجرثومة لفترة تسقط على العائل المناسب، ثم تحيط نفسها بجدار، وتظهر أنبوبة الإنبات، وحينئذ تغادر النواة من الجرثومة إلى أنبوبة الإنبات، وهذه بدورها تنتفخ لتصبح كيس جرثومي أو كيس جرثومي أولى.

من أهم الأجناس الجنس *Catenochytridium* (شكل ٤-٢-١-١-٤-١).



شكل (٤-٢-١-١-٤-١): الجنس *Catenochytridium*.
الصورة اليسرى الكيس الاسبورانجي مملوء بالجراثيم، الصورة اليمنى الكيس فراغ، يلاحظ وجود الغطاء.

من أهم أنواع هذا الجنس النوع *C. carolinianum*. تضم الفصلية كذلك الجنس *Diphlophlyctis* ومن أهم أنواعه *D. amazonensis, D. chitinophila* وكذلك الجنس *Entophlyctis* (شكل ٤-٢-١-١-٤-٢) ومنه الأنواع *E. cienkowskiana, E. lobata, E. molesta, E. confervae-glomeratea*.



شكل (٤-٢-١-١-٤-٢): الجنس *Entophlyctis*.

تضم الفصيلة الجنس *Nephrochtrium* ومنه الأنواع *N. aurantium N. complicatum, N. buttermerense*.

٤-٢-١-١-٥ الفصيلة الهاربوكتريية:

Family Harpochytriaceae

تضم هذه الفصيلة جنساً واحداً هو الجنس *Harpochytrium* الذي يضم ما يزيد عن عشرة أنواع، مترممات في الماء العذب، ويكثر إنتشارها في المناطق الإستوائية.

الثالوس خيط وحيد غير متفرع، ذو قاعدة مفرطحة، سطحي، حيث لا يخترق الطبقة التحتية (شكل ٤-٢-١-١-٥-١). الجزء القاعدي من الثالوس خضري والعلوي تظهر عليه الأكياس الاسبورانجية في تعاقب قاعدي، أي أن الأكياس الجرثومة الطرفية هي الأكبر عمراً، ويعاود الفطر التجرثم بعد إنطلاق الجراثيم ذات السوط الوحيد الخلفي. تظهر بالجرثومة قبعة نووية واضحة.

من أهم أنواعه *H. hedenii, H. adpressum, H. apiculatum, H. botryococci, H. hyalothecae, H. intermidium, H. monae, H. natrophilum, H. ornithocephalum, H. tenuissimum, H. viride*.

كانت هذه الفصيلة في مستوى الرتبة، إلا أن Barrr (١٩٩٠) نزل بها لمستوى الفصيلة، ثم نقلها Paquin عام ١٩٩٧م إلى رتبة Monoblepharidiales.



شكل (٤-٢-١-١-٥-١): ثالوس الفطر *Harpochytrium* نامياً على خيط طحلب الاسبيروجيرا.

٤-٢-١-٢ رتبة سبيزيللومسيتات

Order : Spizellomycetales

أسس Barr (١٩٨٠) هذه الرتبة انطلاقاً من الخواص التركيبية للجرثومة السابحة. حيث يتضح من التركيب الداخلي للجرثومة أن الريبوسومات تتوزع في السيتوبلازم، كما تحتوي الجرثومة على عدد كبير من الأجسام الدهنية وكذا الأجسام الدقيقة microbodies. ترتبط النواة إرتباطاً وثيقاً بالجسم المحرك kinetosome، ومنه تتشعع الأنيبيبات في السيتوبلازم. وقد لاحظ بار أن لجراثيم بعض الأنواع حركة أميبية أثناء سباحتها وخلال تحوصلها. ولم يعرف لأفراد هذه الرتبة وسيلة للتكاثر الجنسي.

تشتمل هذه الرتبة على أفراد متطفلات على النباتات والفطريات وحبوب اللقاح وأخرى حرة المعيشة تستوطن التربة والماء. تضم الرتبة أربعة فصائل هي: Olpidiaceae، Spizellomycetaceae، Caulochytriaceae، Urophlyctidiaceae؛ وفيما يلي مفتاح مبسط لهذه الفصائل:

مفتاح مبسط لفصائل السبيزيللومسيتات

١- الثالوس متعدد المراكز، أفرادها متطفلات على النباتات الراقية

Family Urophlyctidaceae

- الثالوس أحادي المركز...٢

٢- لا توجد ثمرة إسبورانجية sporangiocarp، الثالوس أحادي المركز، ذو عضو امتصاص يخترق العائل ويتطفل على الفطريات

Family Caulochytriaceae

- توجد ثمرة إسبورانجية...٣

٣- ينشأ الكيس الجرثومي من إمتداد حافظة الجراثيم السابحة (داخلية النشأة)

Family Spizellomycetaceae

– ينمو الكيس الجرثومي خارجياً ليعطى حوصلة جراثيم سابحة (خارجي النشأة)
Family Olpidiaceae

طبقاً لأحدث الدراسات الجزيئية فإن الرتبة تحوي عشرة أجناس هم: *Kochiomyces* (نوع واحد)، *Spizellomyces* (٨ أنواع)، *Triparticalcar* (نوع واحد)، *Gaertneriomyces* (٣ أنواع)، *Powellomyces* (نوعان)، *Catenomyces* (نوع واحد)، *Rhizophlyctis* (٣٣ نوع)، *Olpidium* (٩٨ نوع)، *Rozella* (٢٩ نوع)، *Caulochytrium* (نوعان).

٤-٢-١-٢-١ الفصيلة الأولبيدية:

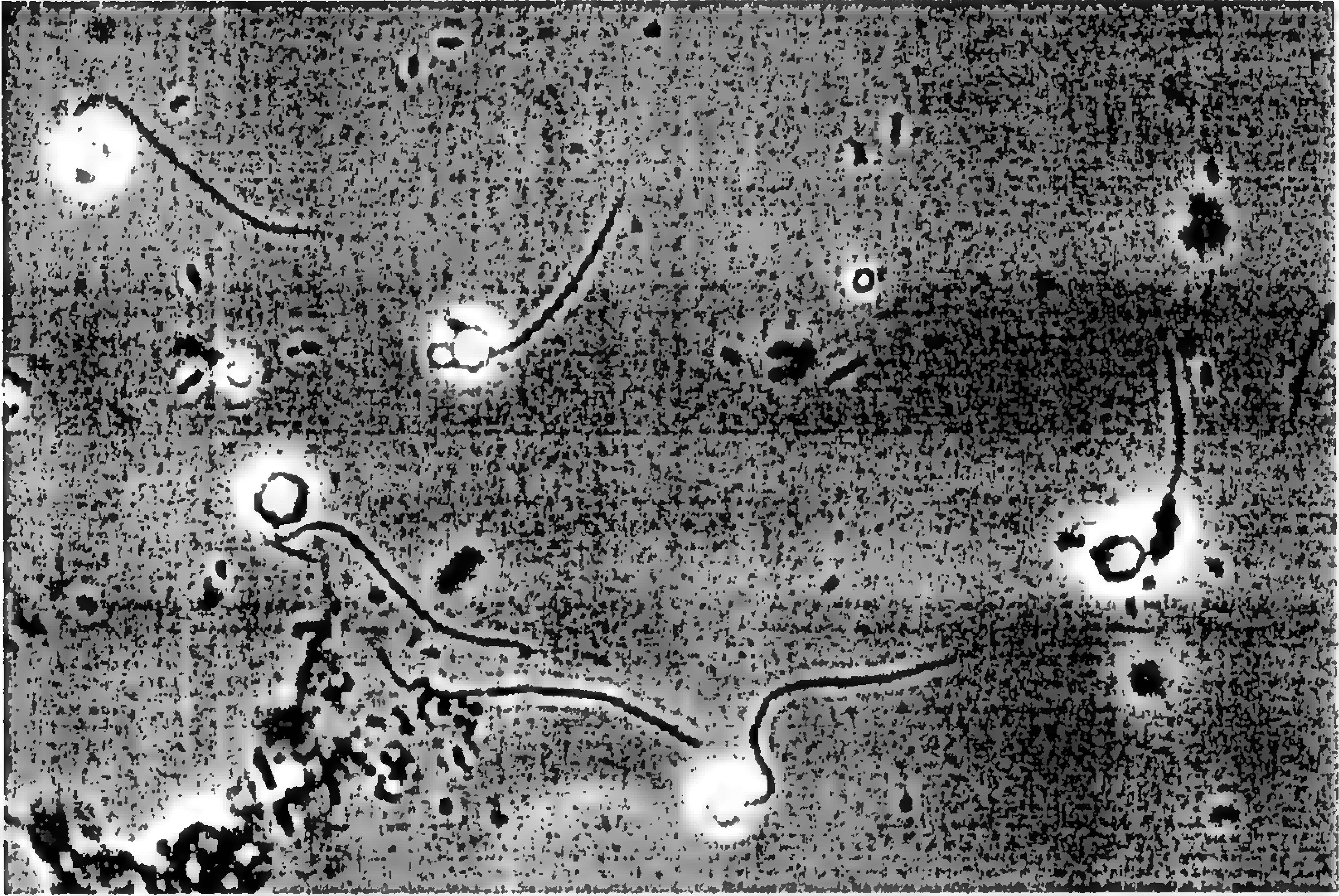
Family Olpidiaceae

تضم هذه الفصيلة خمسة أجناس طبقاً لما جاء في قاموس الفطريات (١٩٩٤م) وهم الجنس *Chytridhaema* والجنس *Cibdelia* والجنس *Morella* والجنس *Nucleophaga* وأشهرها على الإطلاق وأوسعها انتشاراً هو الجنس *Olpidium* الذي يضم ثمانية وتسعون نوعاً، تتطفل على الأجزاء الأرضية للنباتات الراقية.

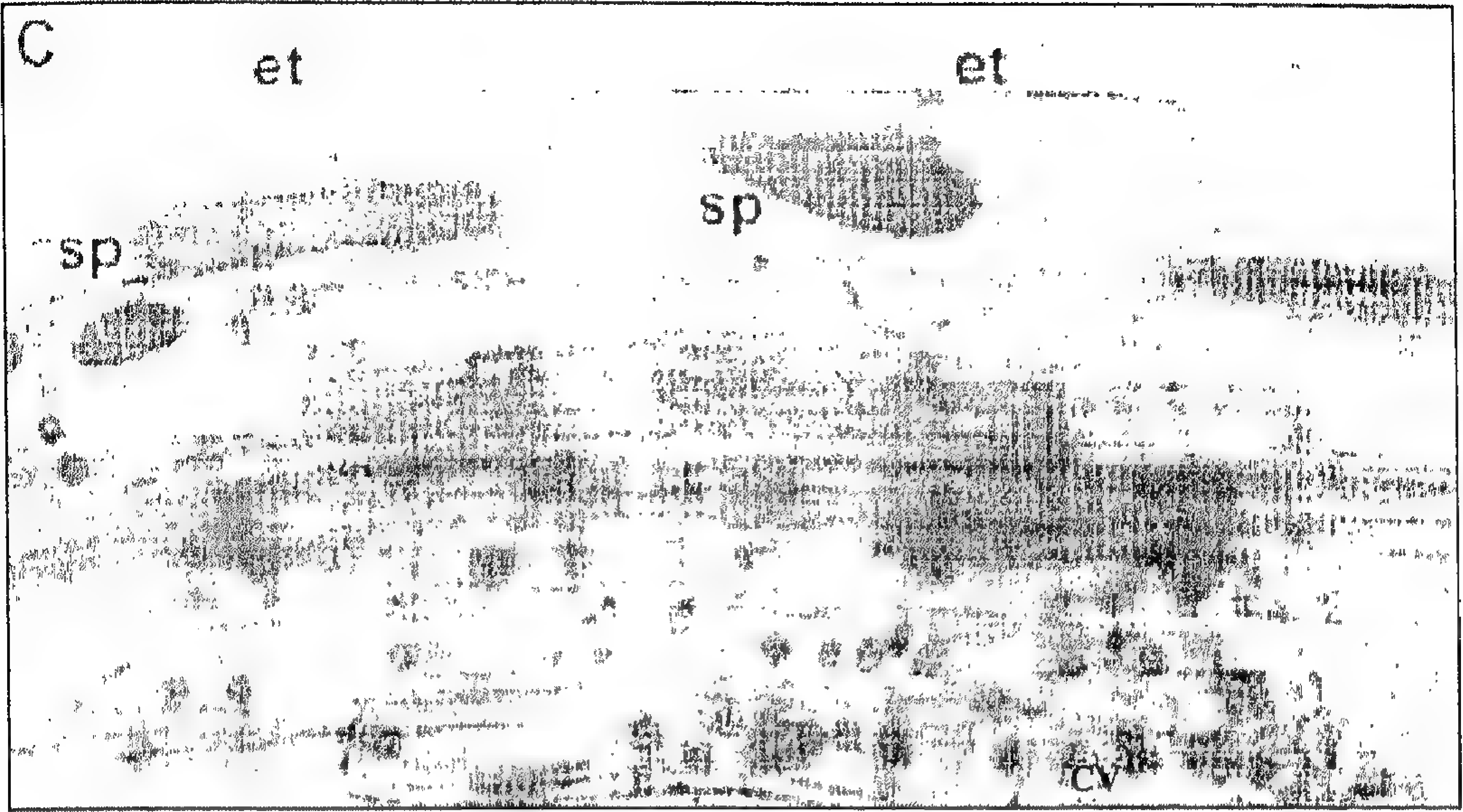
من أهم أنواع هذا الجنس النوع *O. gregarium* والنوع *O. luxurians* والنوع *O. pendulum* وأهمهم على الإطلاق النوع *O. brassicae* الذي يسبب مرض القدم السوداء في الكرنب.

الجراثيم السابحة للنوع *O. brassicae* ذات سوط خلفي طويل (شكل ٤-٢-١-٢-١-١)، عندما تلامس سطح الجذر ترتدي جداراً، تذيب جزءاً من جدار خلية العائل، ثم "تسكب" مكوناتها الداخلية في خلية البشرة ومنه تنتقل عميقاً في خلايا الجذر الأولى للعائل، ويستمر بروتوبلاست الطفيل عارياً في خلية العائل لفترة طويلة. تبدأ بعدها النواة في الإنقسام المتتالي، فيصبح البروتوبلاست متعدد الأنوية، يرتدي بعدها جداراً، ثم يتحول

جميعه إلى حافظة جرثومية zoosporangium. يظهر للحافظة الجرثومية عنق طويل، ينمو مخترقاً الجدر العرضية للعائل، حتى يصل إلى سطح الجـذر، تتحـول الجـراثيم إلى جـراثيم متحركة ذات سوط خلفي، وتخرج من العنق.



شكل (٤-٢-١-٢-١-١): الجراثيم السابحة ذات السوط الطويل الخلفي للفطر *Olpidium brassicae*.



شكل (٤-٢-١-٢-١-٢): للفطر *Olpidium brassicae*.

أخذ جزء من الجذر، ثم ترويقه بالعاملة بقلوي قوي ثم صبغ بواسطة صبغة trypan blue وذلك لإظهار الأكياس الإسبورانجية الكبيرة (sp) للفطر داخل خلية العائل. عند النضج تنساب الجراثيم السابحة خلال أنبوبة إخراج (et). تظهر بعض حويصلات الجراثيم السابحة في الجزء الأسفل من الصورة (cv).

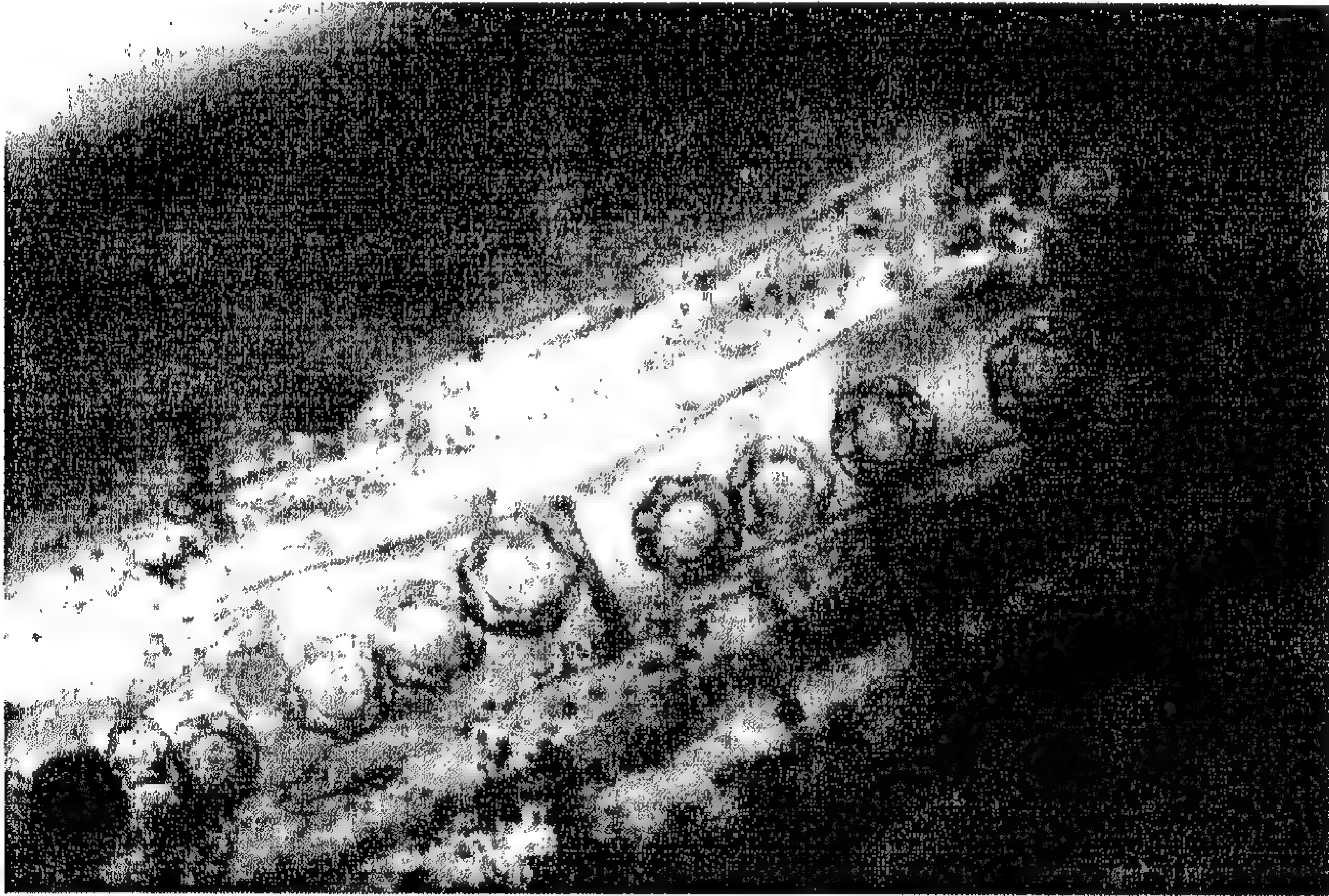
يحدث التكاثر الجنسي عن طريق إتحاد جرثومتين سابحتين، إما من نفس الحافظة (توافق جنسي) أو من حوافظ جرثومية مختلفة (عدم توافق جنسي)، مؤدياً لتكوين لاقحة ثنائية الأسواط، تسبح اللاقحة لبعض الوقت، ثم تسكن على سطح جذر العائل، ترتدي جداراً. تصيب النبات، تنمو لبعض الوقت داخل خلية العائل، بعدها ترتدي جداراً سميكاً. وتتحول إلى حافظة ساكنة cyst (شكل ٤-٢-١-٢-١-٣)، وبعد فترة من السكون. تنبت الحافظة الساكنة بتكوين جراثيم مسوطة.

تحدث إصابة النبات بالفطر في مرحلة ظهور الأوراق الفلقية أو الورقة الأولى، وذلك في ظروف الرطوبة الأرضية العالية، وتؤدي الإصابة لإسوداد الساق، وضعف النبات وموته،

وقد ثبت أن الجراثيم السابحة للفطر تعتبر ناقلة لبعض الفيروسـات المرضـة للنبـات ومنهـا Tabacco necrosis virus و Cucumber necrosis virus و Tobacco stunt virus وLettuce big-vein virus.

ومن الأنواع ذات الأهمية الاقتصادية، تلك التي تصيب جذور نباتات الدخان والبرسيم والكتان والبقوليات وغيرهم من النباتات، وقد وجد أن الجراثيم السابحة للأنواع *O. viciae* و *O. trifolii* تنجذب كيماوياً للمواد المفرزة من جذر العائل chemotaxis.

لا تتباين الصفات الشكلية لأنواع هذا الجنس، لذلك، فإنه عادة ما نلجأ لتعريفها طبقاً للطبقة التحتية التي تنمو عليها. وقد يكون لبعضها سلالات فسيولوجية.



شكل (٤-٢-١-٢-١-٣): الحوافظ الجرثومية الساكنة للفطر *Olpidium brassicae* داخل جذر النبات.

تتبـاين عوائـل هـذا الجـنس تبايناً واسـعاً، حيـث تصـيب الطحالـب مثـل النـوع *O. endogenum* والنوع *O. entophytum*، وبعضـها يتطفـل علـى الفطريـات المائيـة مثـل

النوع *O. allomycetos* والنوع *O. rhizophlyctidis* وبعضها يتطفل على الحيوانات اللافقارية مثل النوع *O. rotiferum* والنوع *O. nematodeae*.

٤-٢-١-٢-٢ الفصيلة الأوروفليستيدية:

Family Urophlyctidiaceae

تضم هذه الفصيلة جنساً واحداً هو الجنس *Urophlyctis*، والذي كان يوضع فيما مضى مع الجنس *Physoderma*.

يعد النوع *Urophlyctis alfalfa* هو الأكثر انتشاراً، وبسبب المرض المعروف بالتثالل التاجي في البرسيم الحجازي، كما أنه يصيب كذلك البرسيم العادي. تظهر أعراض المرض على شكل أورام على البراعم التي تخرج من منطقة التاج والتي توجد في أماكن تحت سطح التربة (شكل ٤-٢-١-٢-٢-١) تعتبر التراكيب الساكنة الصفراء، التي تتكون في النسيج المريض الوسيلة الوحيدة التي تعمل على استمرار تواجد الفطر في التربة. هذه تنبت معطية أكياساً جرثومية يتراوح عددها من ١ إلى ١٥. من هذه الأكياس تخرج جراثيم مسوطة يتراوح قطرها من ٣ إلى ٤ ميكرومترات، وذلك خلال عدد من الأنابيب توجد على الجدار الشفاف للكيس المتصل بنسيج البرعم.

تتكون في خلية بشرة العائل من واحد إلى ثلاثة أجسام ملتفة، كل منها متصل بما كان أصلاً هيفا الاختراق، تكون هذه الأجسام في بادئ الأمر وحيدة النواة، إلا أنها تصبح بنموها عديدة الأنوية، وهذه ترسل عدداً من الأفرع التي تنتفخ كل منها بالتالي (شكل ٤-٢-١-٢-٢-٢)، ينتقل بروتوبلاست الخلية الكبيرة العمر إلى الإنتفاخات الجديدة، وتصبح الخلايا كبيرة العمر في النهاية مجزأة وفارغة.

Crownwart of Alfalfa Caused by Urophlyctis alfalfae

gl

gl

C.Drechsler del

Journal of Agricultural Research

Vol. XX, No. 4

شكل (٤-٢-١-٢-٢-١): أعراض مرض التثألل التاجي في البرسيم الحجازي المتسبب عن الفطر *Urophlyctis alfalfa*.

Crownwart of Alfalfa Caused by Urophlyctis alfalfae

Journal of Agricultural Research

Vol. XX, No. 4

شكل (٤-٢-١-٢-٢-٢): شكل الأفرع المنتفخة للفطر *Urophlyctis alfalfa* داخل جذر نبات البرسيم الحجازي.

يتكون عند قمة كل خلية منتفخة نمو مماصي الشكل، يزداد في الحجم، ثم تتكون جدر عرضية تتجزأ مكوناته إلى قطع منفصلة. تتكون الجراثيم الساكنة ويتغلظ جدارها وتعمل الممصات كوسيلة أساسية لامتصاص الغذاء من خلية العائل، وعندما تنضج الجرثومة، تختفي الممصات، تاركة دائرة من النقر أو الندب في أماكن الاتصال.

من أهم أنواع هذا الجنس النوع *U. leproides* الذي يتطفل على جذور نبات البنجر والنوع *U. major* الذي يتطفل على أوراق وسيقان نباتات *Rumex acetosa* و*R. confertus* و *R. maritimus*.

٤-٢-١-٢-٣ الفصيلة الكاولوكترية:

Family Caulochytriaceae

تضم هذه الفصيلة جنساً واحداً هو الجنس *Caulochytrium*، والذي يضم نوعان هما هما *C. gloeosporii* الذي يعيش متطفلاً على الجراثيم الكونيدية للفطر *Gloeosporium* والنوع *C. protostelioides* الذي يتطفل إجبارياً على الجنس *Cladosporium*. يتميز النوع الأول بتكوين أكياس إسبورانجية جالسة وكذا ثمار إسبورانجية هوائية aerial sporngiocarp، وهذه الصفة لا توجد في أي من الكيتريديالات. يختلف النوع الثاني عن الأول في الأبعاد، وكذا العدد الأقل من الجراثيم السابحة / كيس إسبورانجي هوائي وغياب التكاثر الجنسي وتكوين ما يعرف بـ Protosteloide-like sporangiocarp وهذه لا تتطفل على العائل وتعيش حرة في الماء.

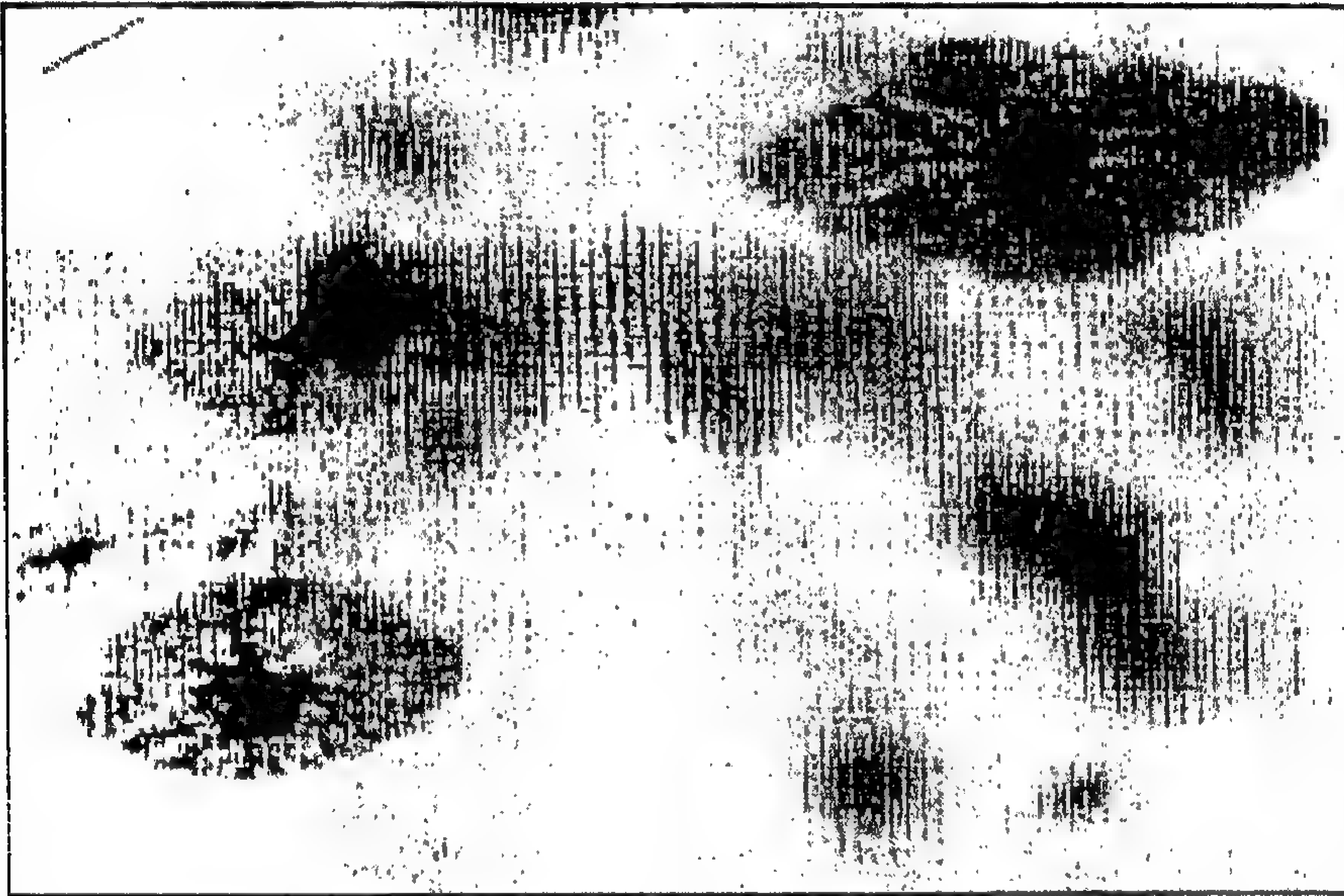
٤-٢-١-٢-٤ الفصيلة الإسبيزيللوميسيتية:

Family Spizellomycetaceae

تضم الفصيلة مجموعة من الأجناس التي تتباين طبيعة معيشتها، فبعضها يعيش مترمماً في التربة أو المياه العذبة والبعض الآخر يتطفل على حبوب اللقاح الطافية على سطح الماء

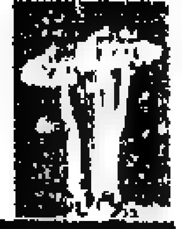
وبعضها يتطفل إجبارياً على الفطريات.

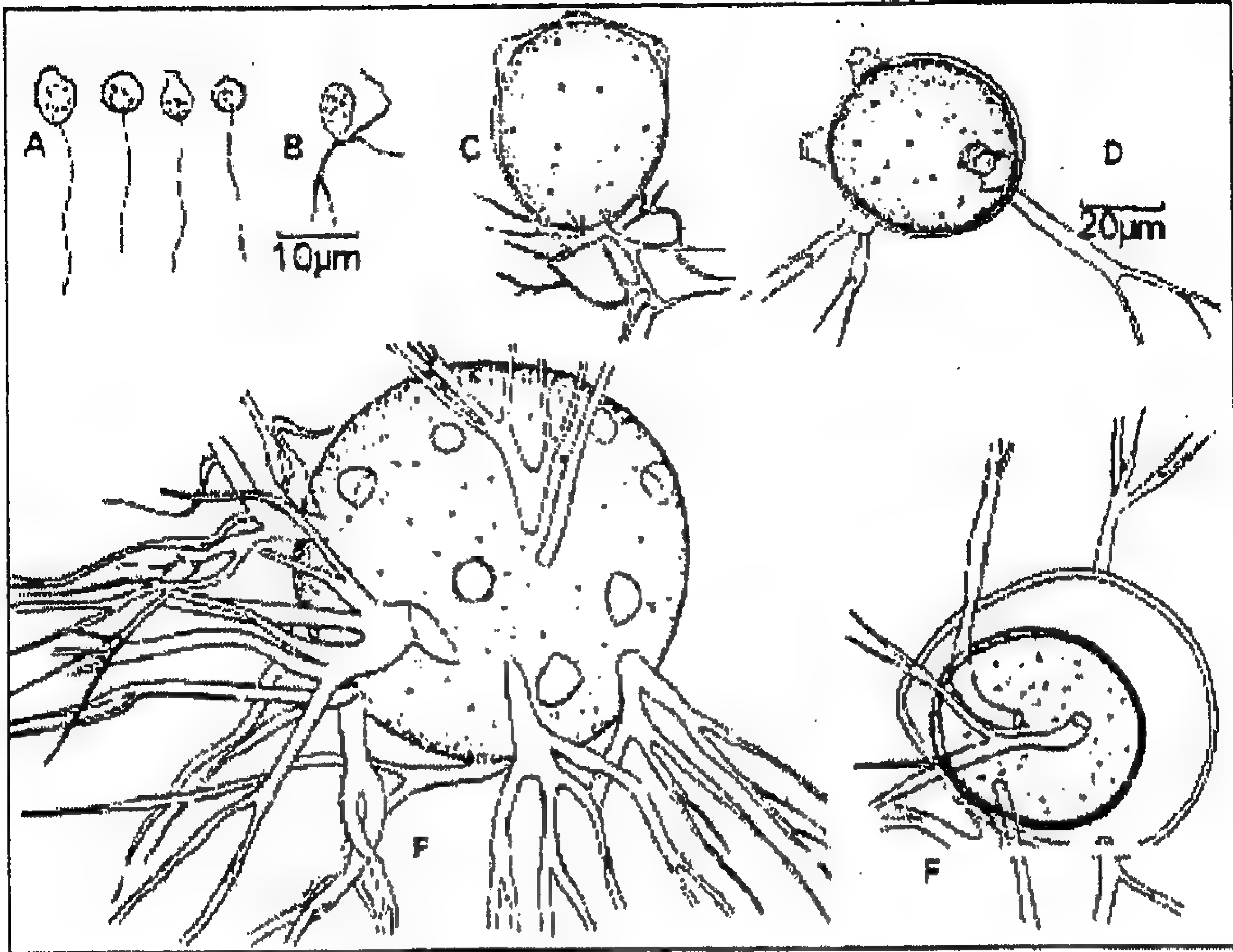
الجنس *Rhizophlyctis* (*karlingia*) يعد أحد الأجناس التي تستوطن التربة وتحلل السليولوز ويمكن اصطياده من التربة عن طريق ترطيب عينة من التربة في طبق بتري ثم يغطي سطح التربة بورقة من السليوفان بعدها سوف يلاحظ نمو مستعمرات الفطر على الطبقة السطحية لورقة السليوفان كما يتضح من شكل (٤-٢-١-٢-٤-١).



شكل (٤-٢-١-٢-٤-١): أربعة مستعمرات للفطر *Rhizophlyctis rosea* نامية على غشاء من ورق السليوفان الذي وضع على تربة مرطبة بالماء.

ويوضح شكل (٤-٢-١-٢-٤-٢) دورة حياة الفطر *Rhizophlyctis rosea*. تعطي الجرثومة السابحة ثالوساً صغيراً وذلك بعد أن تتحوصل، يتزايد حجم الثالوس وتظهر على سطحه مجموعة من الحلمات الإخراجية، يتزايد حجم الثالوس وتصبح حلمات الإخراج مزودة بسدادات مخاطية، تنطلق منها الجراثيم السابحة، كما تتكون جرثومة ساكنة داخل الكيس الإسبورانجي الفارغ.





شكل (٤-٢-١-٢-٤-٢): الفطر *Rhizophlyctis rosea*:

A) جراثيم سابحة.

B) ثالوس صغير نشأ من إنبات الجرثومة السابحة بعد تحوصلها.

C) ثالوس أقدم عمراً يظهر ثلاث حلمات إخراجية.

D) ثالوس يظهر سدادات مخاطية في قمة الحلمات الإخراجية.

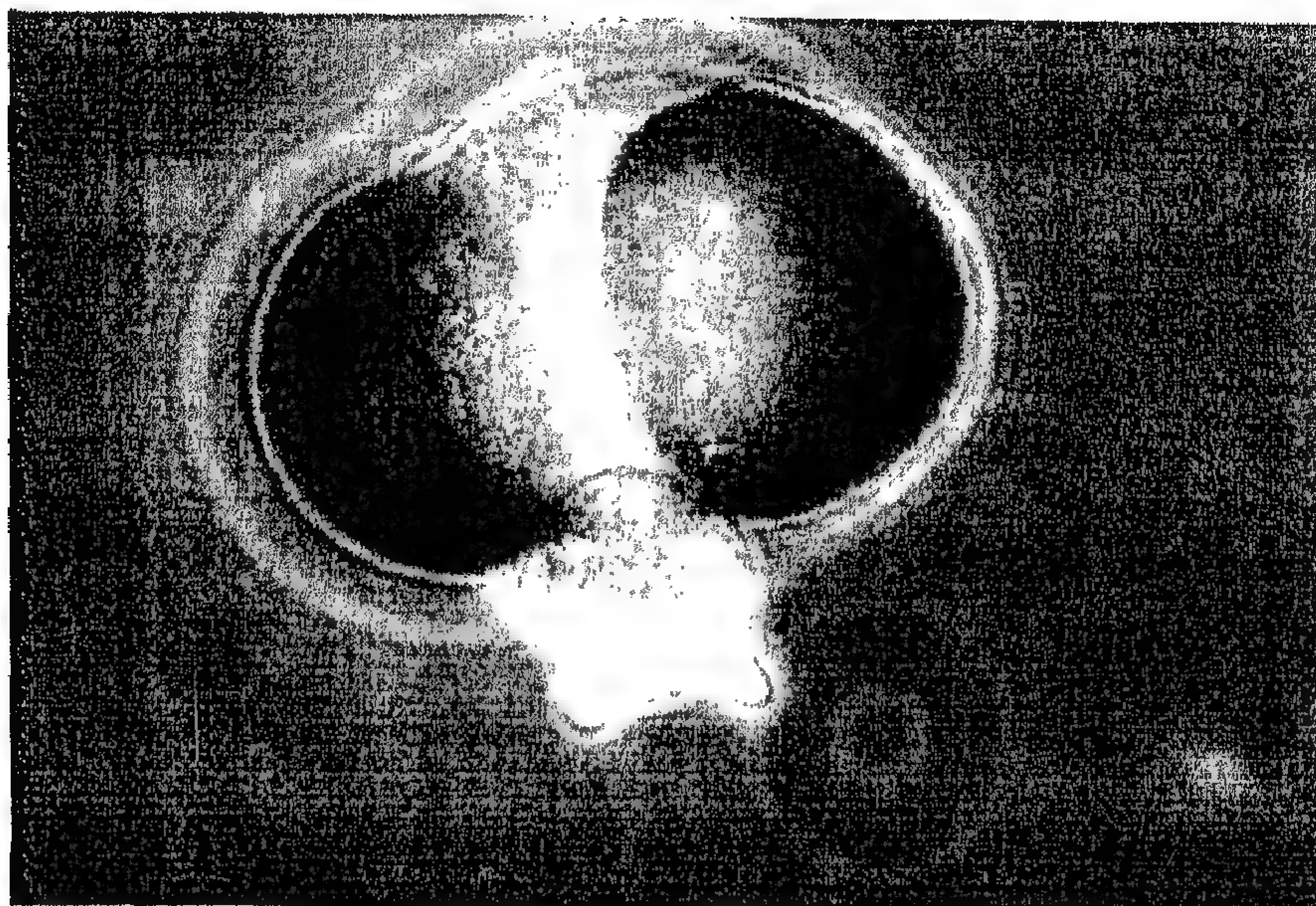
E) ثالوس ناضج ذو كيس إسبورانجي كروي الشكل وسبعة حلمات إخراجية.

F) جرثومة ساكنة تتكون داخل كيس إسبورانجي فارغ.

عن Webster, 1970 : انظر قائمة المراجع.

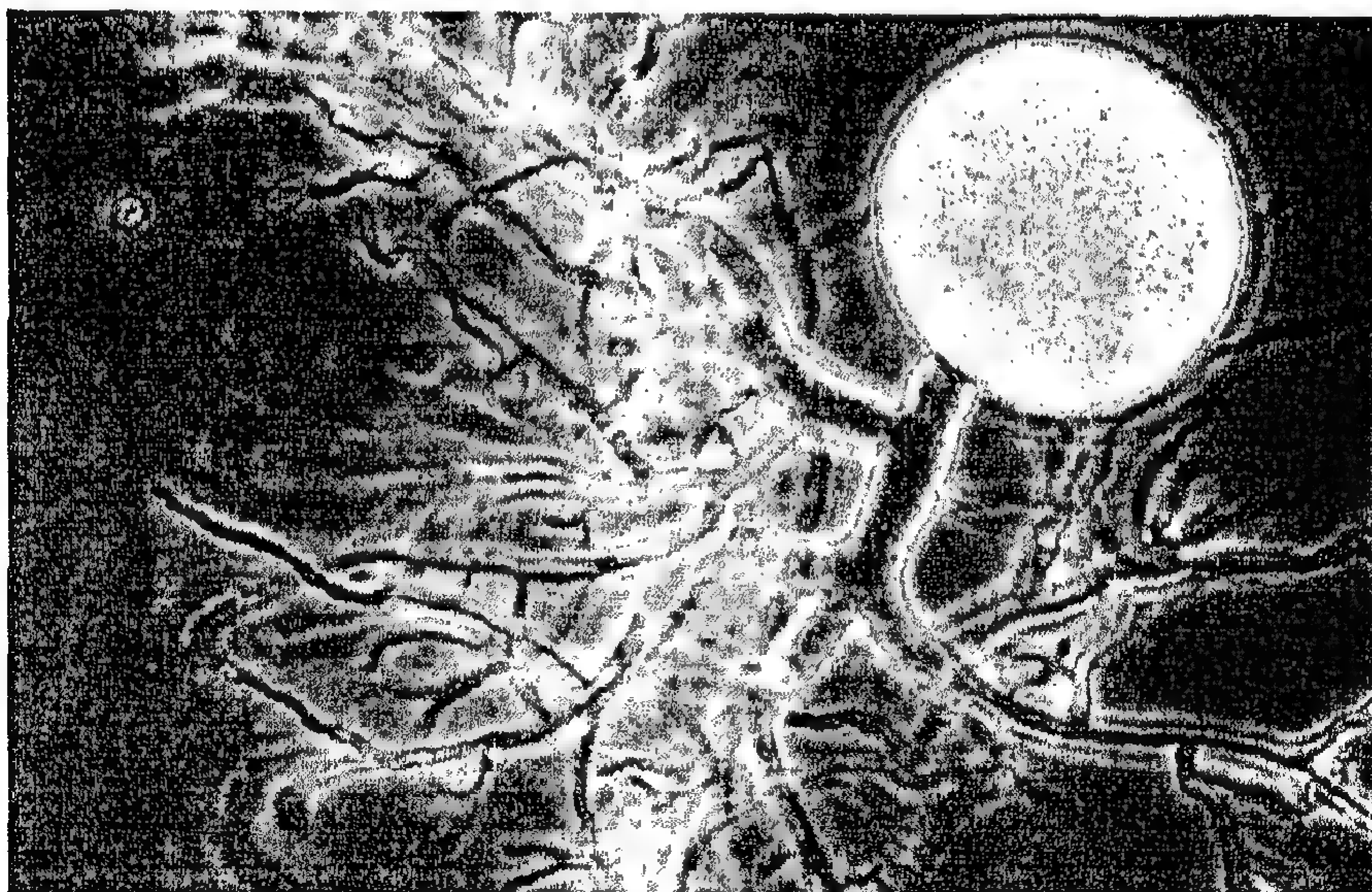
يعيش النوع *Spizellomyces pseudodictumus* متطفلاً على حبوب اللقاح الطافية على سطح الماء.

ويوضح شكل (٤-٢-١-٢-٤-٣) الفطر متطفلاً على حبة اللقاح ويرسل أشباه الجذور داخل الخلية الحية. يظهر الكيس الإسبورانجي فوق الحبة المصابة، ويظهر على الكيس الحلمات الإخراجية.



شكل (٤-٢-١-٢-٤-٣): النوع *Spizellomyces pseudodiltumus* متطفلاً على حبة لقاح صنوبر.

أمكن تتمة النوع *S. punctatus* على الأوساط الغذائية الصلبة، حيث يعطي الفطر مجموعة كبيرة من أشباه الجذور جيدة التكوين (شكل ٤-٢-١-٢-٤-٤).



شكل (٤-٢-١-٢-٤-٤): الفطر *Spizellomyces punctatus* نامياً على وسط غذائي broth culture.

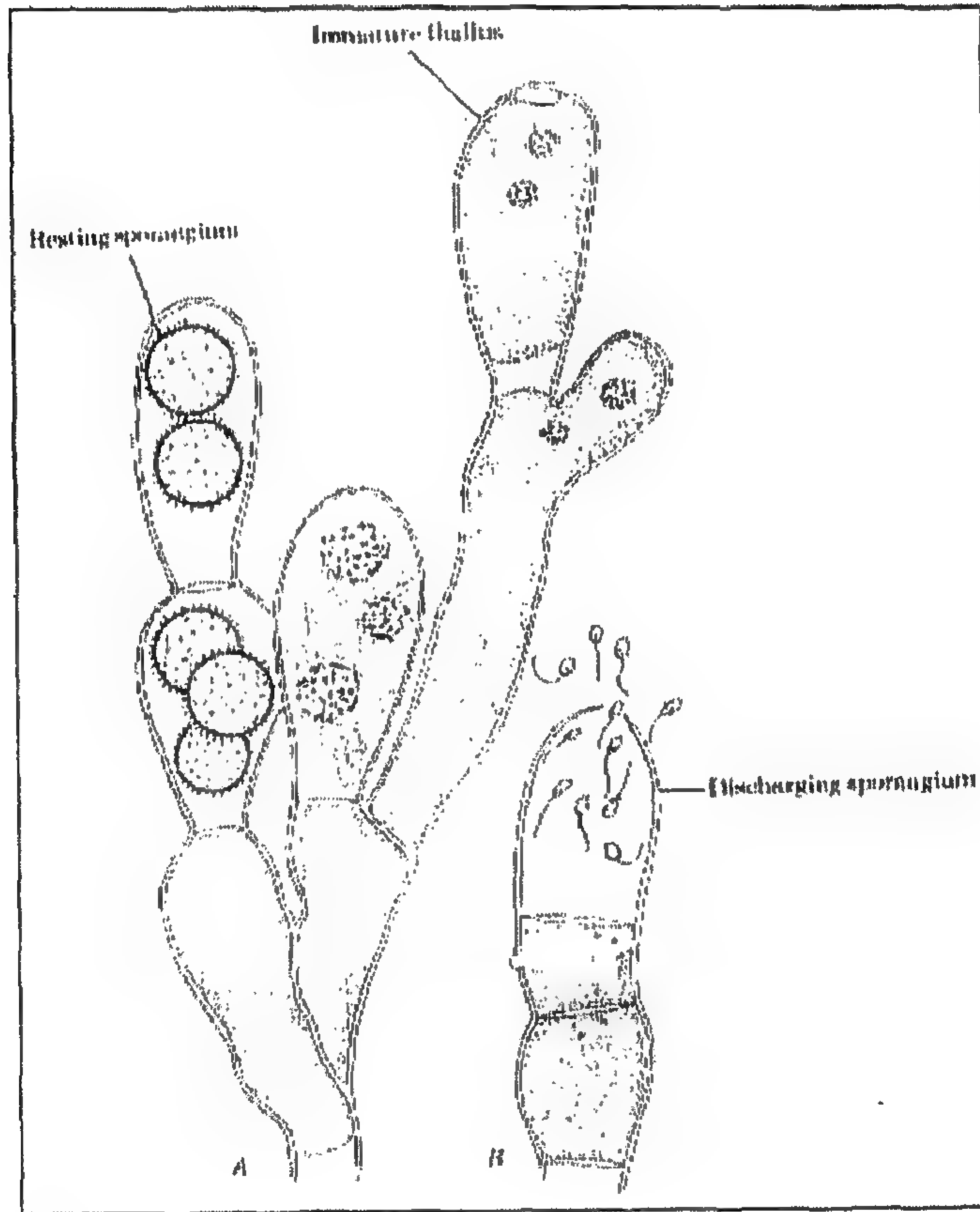
الجنس ***Rozella*** من أكبر أجناس هذه الفصيلة ويضم ما يزيد عن العشرين نوعاً، أغلبها تعيش كمتطفلات داخلية على الفطريات المائية للكيتريديالات وكذا البيضات.

يتطفل النوع *Rozella allomyces* (شكل ٤-٢-١-٢-٤-٥) إجبارياً على بعض أنواع جنس *Allomyces*، الفطر قادر على إصابة كلا الطرازين من ثالوس الفطر، أي الطور الجاميطي والطور الجرثومي للنوع *Allomyces macromgynus*. تنطلق الجراثيم للفطر *R. allomyces* بعد انفجار الأكياس الجرثومية من أطراف هيفا العائل المصاب، تسبح لفترة في الماء المحيط ثم تنجذب فرمونيا لهيفات العائل السليمة الحية، وعندما تلامس الجرثومة عائلها، تلتصق به بشدة كإستجابة لوجود مستقبل receptor، تفقد سوطها، تتحوصل وتنبت بإعطاء أنبوبة إنبات في نقطة الإلتصاق مع العائل، عبر هذه الأنبوبة يتم حقن بروتوبلاست الطفيل داخل العائل. ينمو الطفيل ببطئ في الهيفات الفتية أو الأكياس الجرثومية غير الناضجة للعائل. تعطي الهيفا العادية من الطفيل حافظة جرثومية عارية، والتي تشغل الحيز الأعظم من العائل المصاب. ينفصل الجزء المصاب من العائل عن بقية العائل بجدار عرضي ينشا من الناحية السليمة من العائل، عادة ما يتكون كيس جرثومي وحيد في كل جزء من أجزاء العائل. يحدث إتحاد بين جداري كلا من العائل والطفيل. ينشق بروتوبلازم الطفيل إلى جراثيم سابحة تملأ الكيس الجرثومي. يعمل الطفيل على تنشيط جدار العائل لتكوين حلمة إطلاق الجراثيم والتي سرعان ما تتمزق لإطلاق الجراثيم السابحة خارجاً.

تتكون الأكياس الإسبورانجية الساكنة في نهاية المطاف كاستجابة للظروف البيئية غير المواتية للطفيل، حيث يتكون جدار سميك يحيط بثالوس الفطر، والذي يتحول إلى كيس جرثومي مقاوم للظروف البيئية غير المواتية. أمكن إنبات الإسبورانجيات الساكنة، حيث

تعطي جراثيم سابحة تعيد بها إصابة العائل سيئ الحظ. ولم يعرف لجميع أنواع الجنس *Rozella* تكاثراً جنسياً.

من أجناس هذه الفصيلة الجنس *Gaertneriomyces* والجنس *Kochiomyces*. تعد فطريات هذه الفصيلة من فطريات المناطق الإستوائية وتحت الإستوائية.



شكل (٤-٢-١-٢-٤-٥): الفطر *Rozella allomyces* متطفلاً على الفطر *Allomyces*:

A) طرف ثالوس العائل حيث يظهر إلى اليسار أكياس إسبورانجية للعائل، وإلى اليمين ثالوس غير ناضج للطفيل في الأكياس الإسبورانجية وهيفا العائل.

B) كيس إسبورانجي يطلق جراثيمه، وقد تكون على الأقل كيسين جرثوميين في الكيس الإسبورانجي المفرد للعائل.

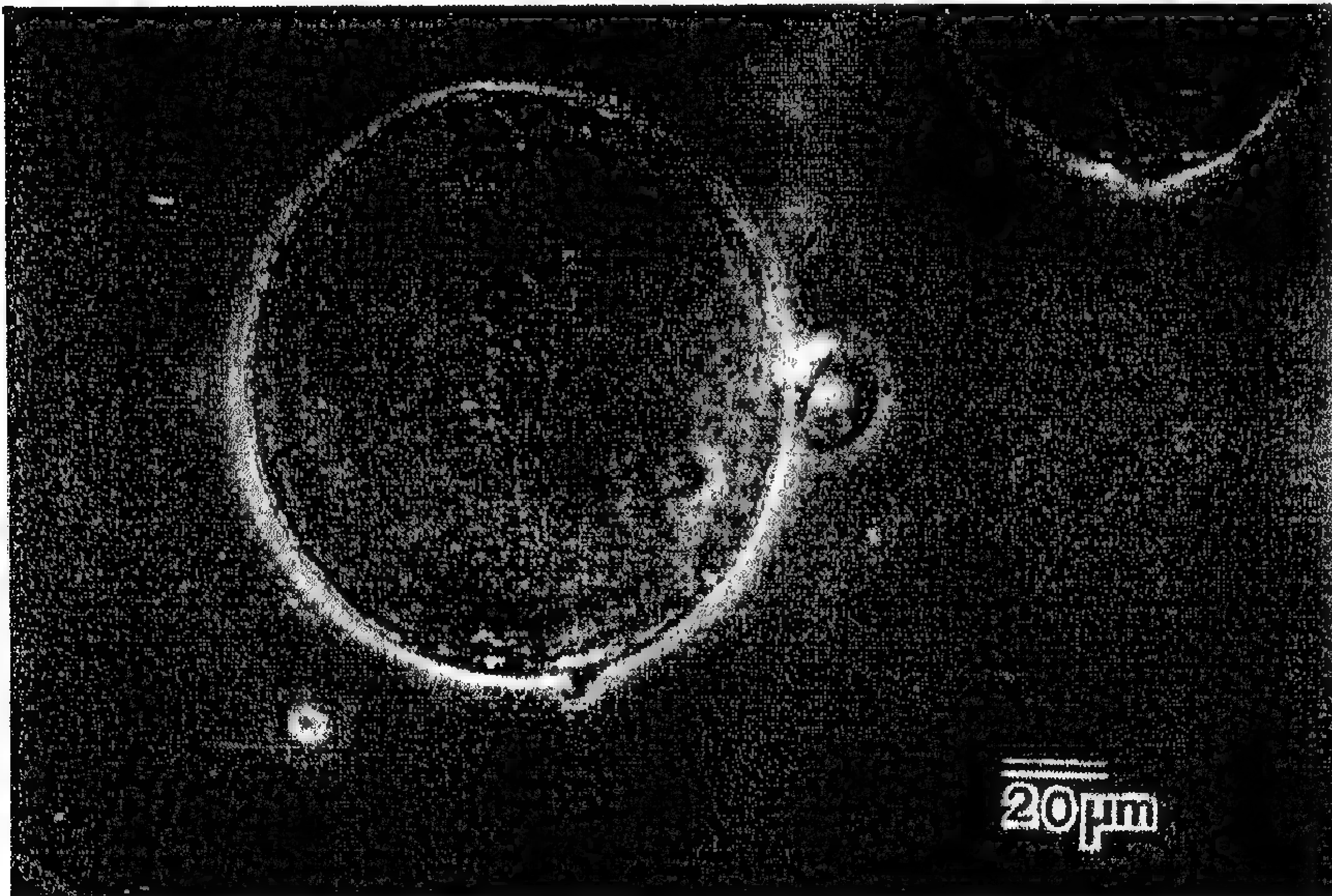
٤-٢-١-٣ رتبة النيوكالليماستيجالات

Order : Neocallimastigales

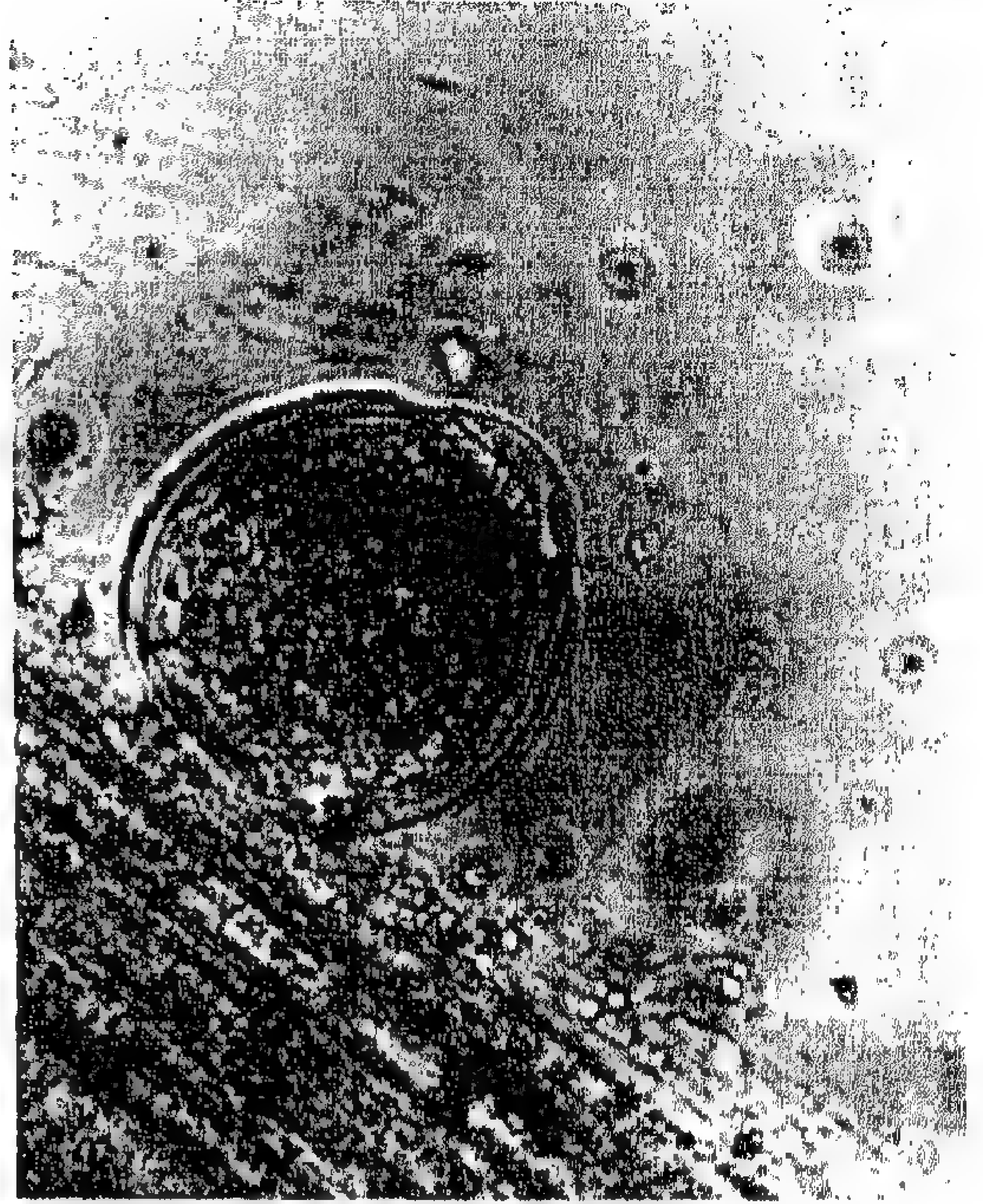
صنفت فطريات الكرش اللاهوائية ضمن الفطريات الكيتريدية، في رتبة Spizellomycetales بواسطة Heath et al (١٩٨٣) إلا أن أبحاث Li and Heath (١٩٩١) و Li et al (١٩٩٣) وذلك عن طريق إجراء التحليل التتابعي لنيوكليوتيدات تحت الوحدة الصغيرة 18 S لمنطقة rRNA، ثبت وجود دلائل مقنعة على حتمية فصل فطريات الكرش اللاهوائية من رتبة Spizellomycetales وضمها في رتبة منفصلة هي رتبة Neocallimastigales.

تضم رتبة Neocallimastigales فصيلة واحدة هي Family Neocallimastigaceae والتي تضم ستة أجناس تشتمل على خمسة عشرة نوعاً من فطريات الكرش اللاهوائية.

أجناس رتبة Neocallimastigales هي الجنس *Anaeromyces* والجنس *Caecomyces* (شكل ٤-٢-١-٣-١) والجنس *Orpinomyces* (شكل ٤-٢-١-٣-٢) والجنس *Cyllamyes*.

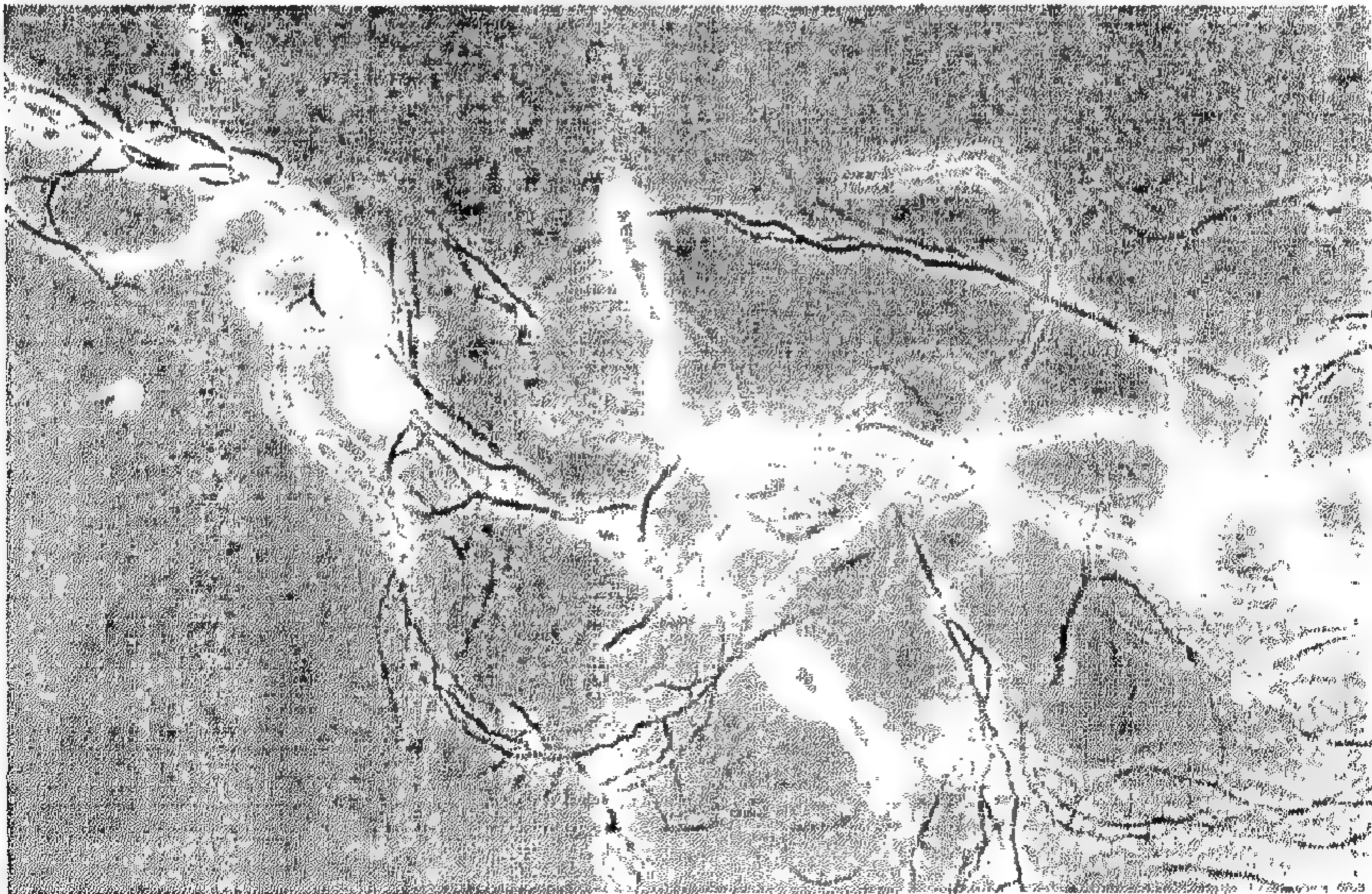


شكل (٤-٢-١-٣-١): الفطر *Caecomyces commuuis*، حيث يظهر كيس إسبورانجي وحيد ناضج (داخلي النشأة).



شكل (٤-٢-١-٣-٢):
كيس إسبورانجي جالس ذو erumpent حلمة للفطر *Orpinomyces* sp نامياً على ألياف السيسل.

أنواع هذه الأجناس متعددة المراكز أو وحيدة المركز باستثناء الجنس *Caecomyces* فأنواعه وحيدة المركز ذات قدم تثبيت فقاعية bulbous holdfast مفردة أو متعددة، حيث يتكون عليها كيس إسبورانجي مفرد (شكل ٤-٢-١-٣-٣).



شكل (٤-٢-١-٣-٣): الثالوس الناضج للفطر *Caecomyces commuuis*، حيث تظهر الأكياس الإسبورانجية المتطاولة.

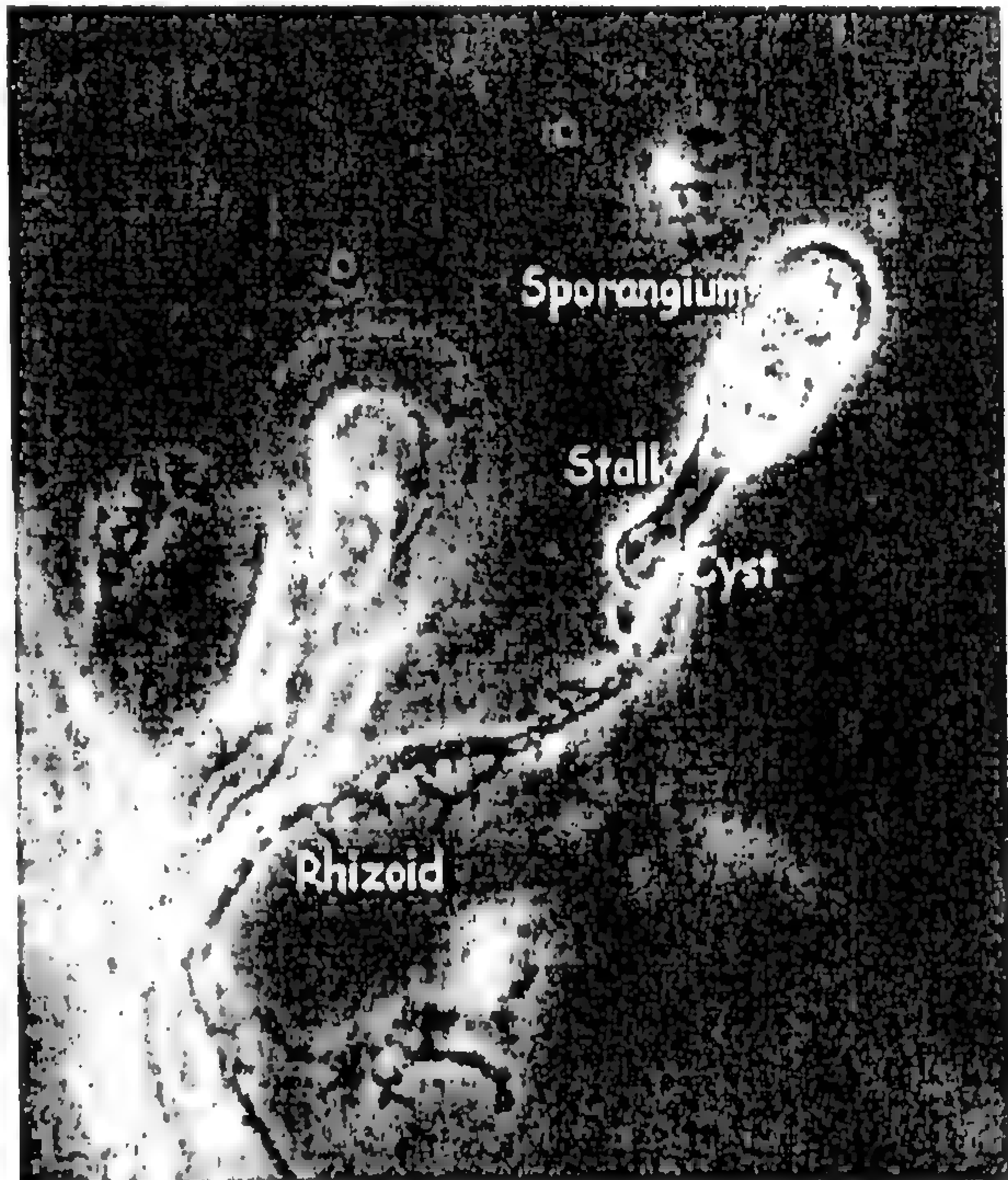
الجراثيم السابحة للأجناس الأربعة *Caecomyces, Piromyces, Anearomyces* *Cyllamyces,* وحيدة السوط الخلفي أما أنواع الجنس *Orpinomyces* والجنس *Neocallimastix* فمتعددة الأسواط.

يتضح من التركيب الدقيق للجرثومة السابحة أن Kinetosomes تكون محاطة بالجهاز السوطي والذي يشتمل على خلفية circumflagella، وللجراثيم السابحة تجمع ريبوسومي، ويغيب فيها MLCs , rumposomes وكذا الميتوكوندريا، ويلاحظ أن غياب الميتوكوندريا هو حالة طبيعية للكائنات لا هوائية المعيشة والتي تؤدي مناشطها الحيوية لإنتاج خليط من الأحماض في الأوساط الغذائية.

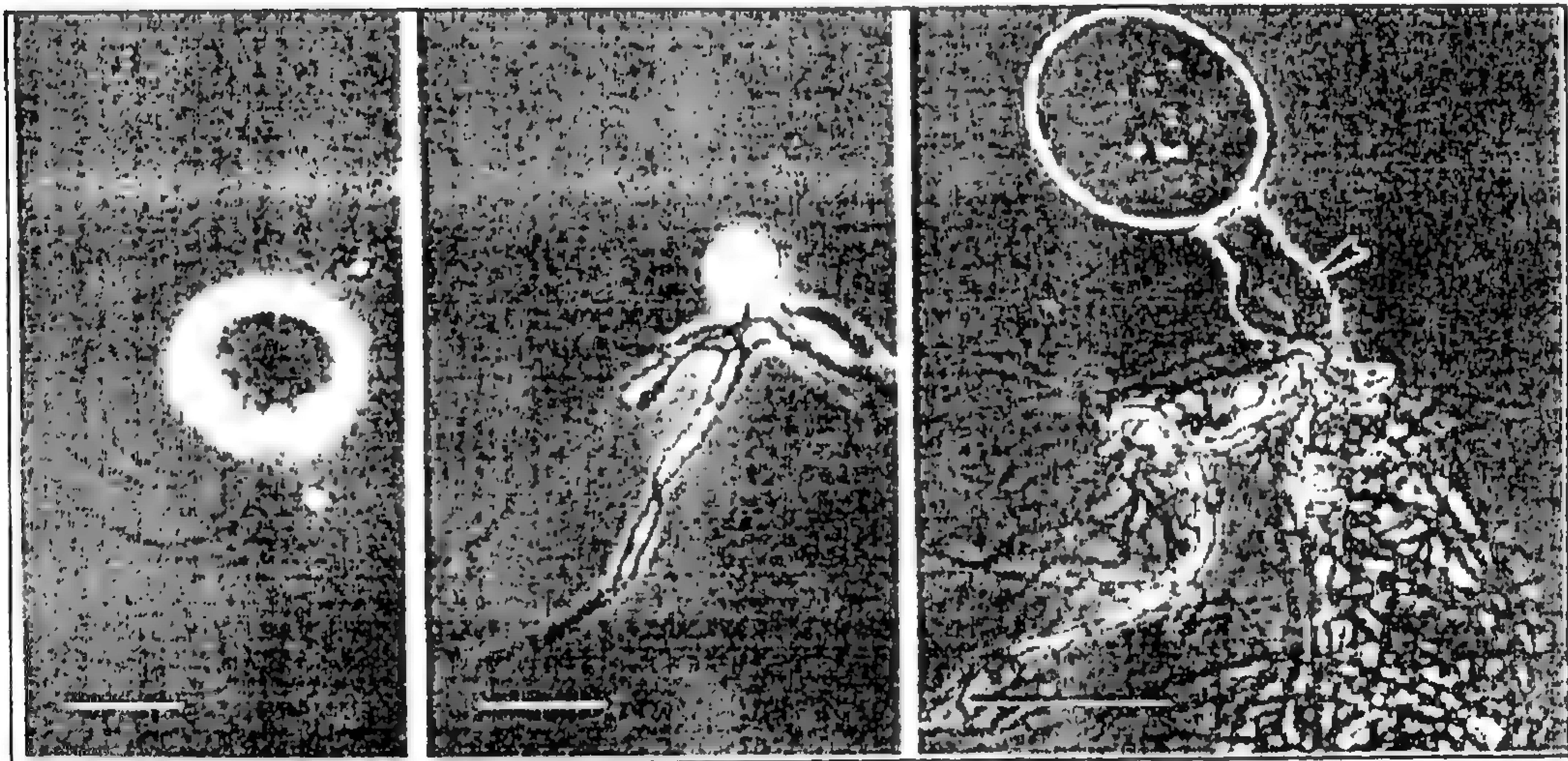
بالإضافة لاحتواء جراثيم بعض أفراد هذه الرتبة على عدة أسواط، إلا أن الصفة الأساسية المميزة لها هي أنها لاهوائية إجبارياً وعندما تم تنمية بعض الأنواع المأخوذة من المعي الأولى للحيوانات المجترة، حيث الظروف اللاهوائية المطلقة، إتضح أن ما كان يعتقد أنه أوليات Protozoa، ثبت أنه جراثيم سابحة لها كل خصائص الفطريات الكيتريدية.

درست بالتفصيل دورة حياة بعض هذه الفطريات، وعلى الأخص الفطر *Neocallimastix burleyensis* (شكل ٤-٢-١-٣-٤) على الأوساط الغذائية في الظروف اللاهوائية المطلقة. للجراثيم السابحة عدة أسواط (٩-١٤ سوط) وذات أشباه جذور جيدة التكوين، غزيرة التفرع. فبعد أن تتحوصل الجرثومة، تنبت وتعطي أنبوبة إنبات واحدة ونادراً اثنين، تستطيل، وتتفرع لتعطي النظام الجذري، وبعد عدة انقسامات متتابعة للنواة في الحوصلة، تستطيل الحوصلة لتعطي الكيس الإسبورانجي، والذي قد يكون جالساً أو معنقاً.

يتكون حاجز عرضي ليفصل بين أشباه الجذور وبقية الثالوس. عند النضج تنطلق الجراثيم من ثقب في جدار الكيس الإسبورانجي (شكل ٤-٢-١-٣-٥).



شكل (٤-٢-١-٣-٤): الفطر *Neocallimistix* نامياً على ألياف السيسل.



شكل (٤-٢-١-٣-٥): الجنس *Neocallimistix*:

A) الجراثيم السابحة متعددة الأسواط.(الخط = ١٠ ميكرومتر).

B) المراحل المبكرة لتطور الثالوس حيث تظهر الحوصلة وبضعة أشباه جذور (الخط = ٢٠ ميكرومتر).

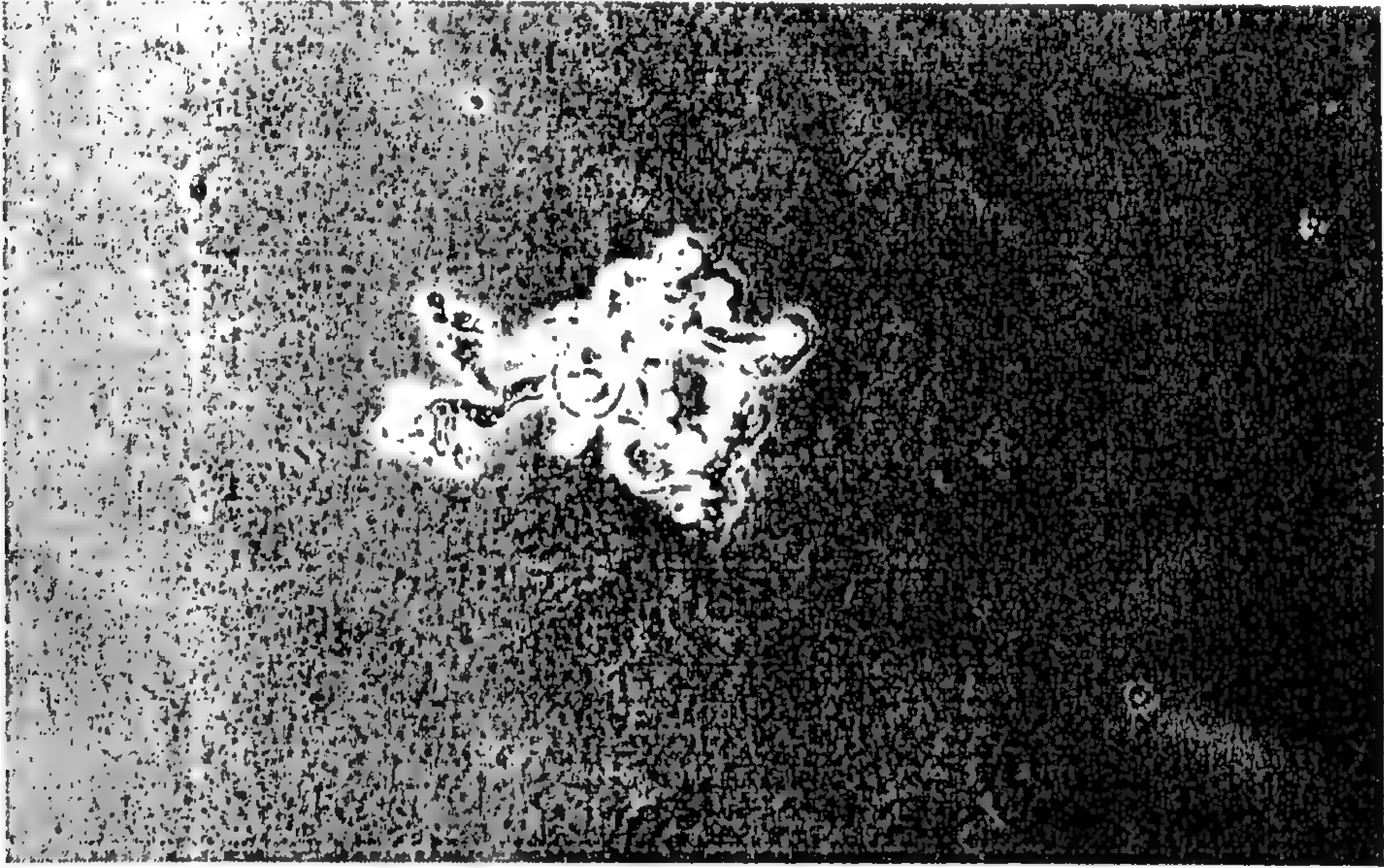
C) الثالوس الناضج ذات الكيس الإسبورانجي. والإنتفاخ (السهم) بالقرب من أشباه الجذور هو أصل الحوصلة.

علـى أوسـاط الآجـار، تتحوصـل الجـراثيم السـابحة سـريعاً بـالقرب مـن الكـيس الإسبورانجي، تتطور لتعطي ثالوس جديـد. كـثير مـن الثالوسـات الناتجـة تكـون متفرعـة، تظهر أطراف هيفا منتفختين، تتطور لتعطي أكياس إسبورانجية (شكل ٤-٢-١-٣-٦).

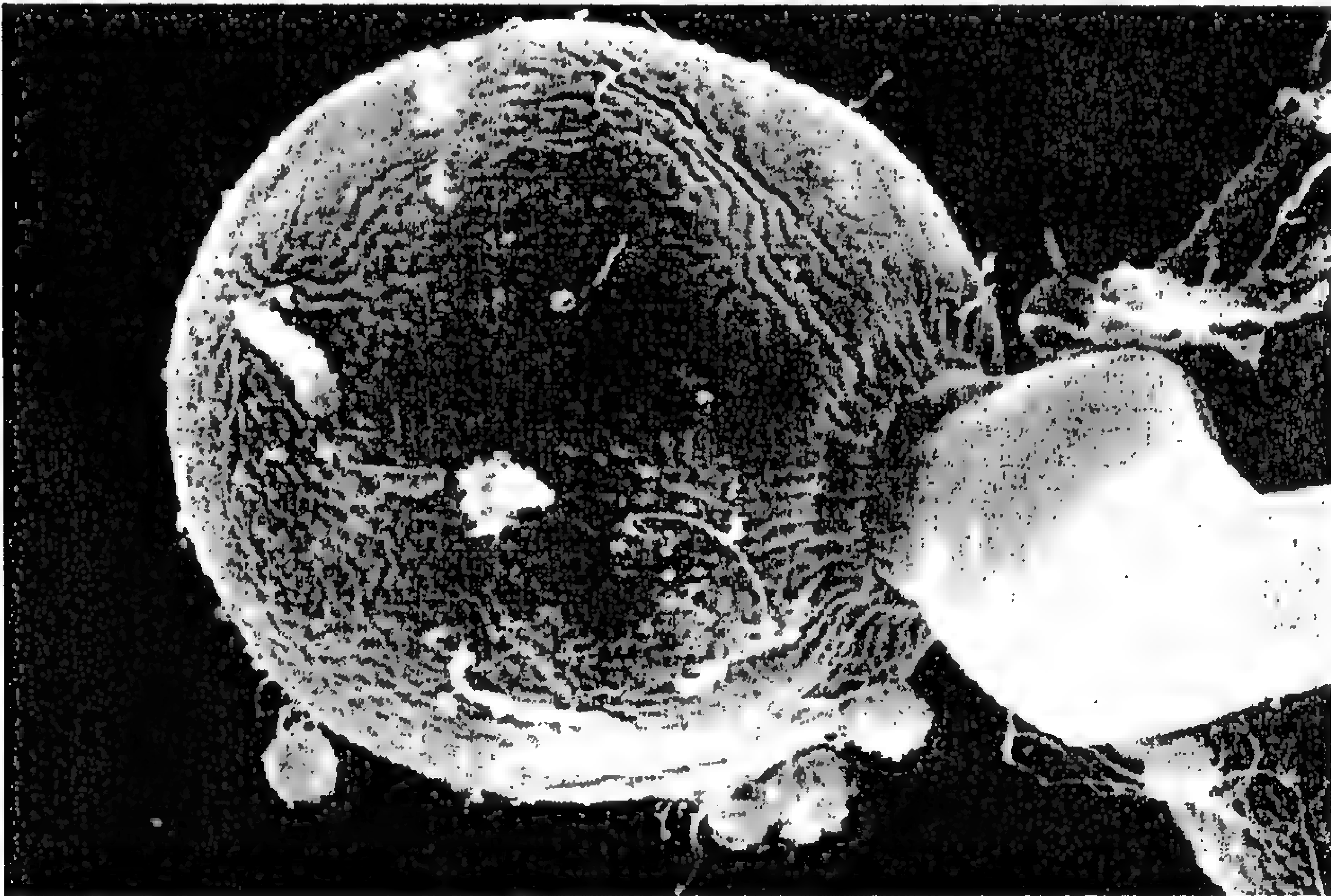


شـكل (٤-٢-١-٣-٦): كيس إسبورانجي فارغ للفطر *Orpinomyces* sp (SEM) حيث يظهر الثقب الذي إنطلقت منه الجراثيم.

المنطقة التحت عنقية للثالوس تظهر على شكل قاعدة منتفخة بالقرب من أشباه الجذور والتي تمثل منشأ الحوصلة. واعتماداً على الظروف المزرعية، فإن الأكياس الإسبورانجية إما أن تعطي وتطلق المزيد من الجراثيم السابحة، أو أنها قـد تتطـور لتعطـي كـيس إسـبورانجي ساكن مقـاوم ذو جـدار ميلانـيني داكـن (شـكل ٤-٢-١-٣-٨). ويعتقد أن أنويـة الجسـم الساكن ثنائية الصبغيات، والتي تنقسم إختزالياً عند توافر الظروف الملائمة لتعطـي الطـور أحادي الصبغيات، ولم يعثر بعد على أطوار للتكاثر الجنسي.



شكل (٤-٢-١-٣-٧): زوج من ثالوسات الفطر *Neocallimistix* sp، يظهر الأكياس الإسبورانجية الكروية.



شكل (٤-٢-١-٣-٨): كيس إسبورانجي ساكن وقاوم ذو جدار ميلانيني داكن(حوصلة) الفطر *Neocallimistix* sp.

عزل فطريات الكرش اللاهوائية:

تؤخذ عينة براز الأبقار حديثة الخروج يتم خلطها بالنسب الآتية: ١٥٪ سائل الكرش أو البراز المنقى، ٢,٥جم/لتر مستخلص خميرة، ١٠جم/لتر trypticase peptone، ٦جم/لتر $NaHCO_3$ + محلول الأملاح الأساسية، بالإضافة إلى السليولوز كمصدر للطاقة (٥ جم/لتر) ويضاف ١٪ حجم/حجم لمخلوط مضادات حيوية يحتوي على الكلور مفنيكول والأستربتوميسين سلفات وبنسلين (كل ٥ مليجرام/مل في المحلول الأساسي). يتم إجراء التخفيفات المطلوبة ثم يحضن الوسط الغذائي الملقح على درجة حرارة ٣٩°م لمدة ٣ أيام ثم يتم إجراء النقل المتتالي للفطر النامي في ظروف لاهوائية لأنابيب اختبار تحتوي على الوسط الغذائي السابق وصفه والمحتوي على السليولوز.

٤-٢-١-٤ رتبة البلاستوكلاديالات

Order : Blastocladiales

تضم هذه الرتبة ما يزيد عن ١٦ جنساً، تحوي قرابة ٦٠ نوعاً، تعيش في الماء كمترممات على أجساد الحيوانات النافقة في الماء أو على الأجزاء النباتية الطافية، فتنمو عليها مكونة زغباً يصل طوله لأكثر من ١سم. البعض منها يتغذى على التربة الرطبة والكثير يتطفل على الحيوانات اللافقارية أو على الفطريات الكتريدية أو البيضيات.

يتفاوت تركيب الثالوث لأفراد هذه الرتبة تفاوتاً كبيراً، فهو يتراوح من بلازموديوم إلى ميسليوم جيد التكوين (شكل ٤-٢-١-٤-أ). يحدث التكاثر اللاجنسي بواسطة جراثيم سابحة ذات سوط واحد خلفي، ويحدث التكاثر الجنسي إما بإتحاد جاميطات متشابهة شكلاً وحجماً isogammy أو مختلفة شكلاً وحجماً heterogammy، وهذه تتكون في أكياس جاميطية.

شكل (٤-٢-١-٤-أ):

١) الجنس *Coelomoyces*. الكيس الاسبورانجي الساكن والجراثيم المتحركة.

٢) النوع *Catenaria allomycis*:

a) الجراثيم الساكنة والميلسيوم الجذري داخل الفطر *Allomyces*.

b) انبات الجراثيم الساكنة وأنبوبة إخراج الجراثيم.

c،d) خروج الجاميطات. e،f) إتحاد الجاميطات.

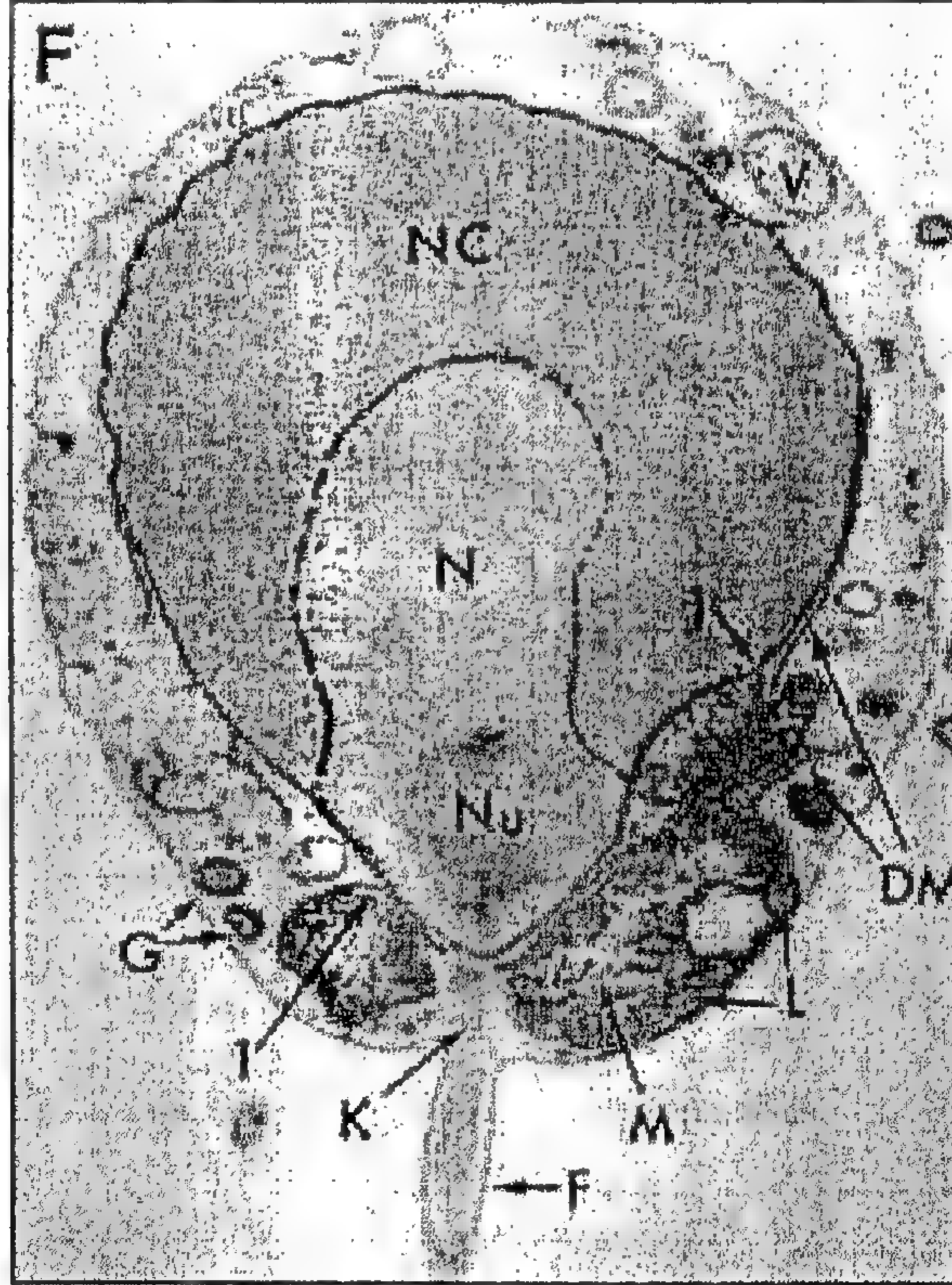
٣، ٤) الجنس *Blastocladiella*. الثالوس (a) والحوصلة (b).

٥) *Blastocladia*. منظر عام للثالوس ذو الأكياس الإسبورانجية والحوافظ.

٦) الجنس *Allomyces*. منظر عام للثالوس ذو الأكياس الجرثومية (الإسبورانجية) (a) والحوافظ (b).

تختلف الأعضاء المتحركة في هذه الرتبة عما عداها من الرتب (جراثيم متحركة أو جاميطات) في أنها ذات حركة أكثر نشاطاً عن غيرها. كما يلاحظ وجود شكل قبعي واضح يحيط بالنواة، يتركب من كتلة من الحمض النووي الريبوزي RNA.

تتميز أفراد الرتبة بوجود تركيب معقد نسبياً في الجراثيم السابحة يعرف بالجسم الجانبي side body، يتواجد مباشرة أسفل الغشاء البلازمي بالقرب من النهاية الخلفية للجرثومة، يتركب من نظام مزدوج الأغشية مصحوباً بأجسام دهنية وجسيمات دقيقة microbodies ولم يعرف لهذا التركيب وظيفة محددة (شكل ٤-٢-١-٤-ب).



شكل (٤-٢-١-٤-ب): قطاع بالميكروسكوب الإلكتروني لجرثومة سابحة للفطر *Blastocladiella*. يُظهر القطاع الجهاز المحرك للسوط (كينيتوسوم K) وأجسام جاما ذات الوظيفة غير المعروفة (G) والغشاء المزدوج (DM) والذي يمتد مع غشاء النواة والقبعة النووية في المنطقة (I):
(M) ميتوكوندريا، (V) فجوة، (N) نواة، (Nu) نوية، (Nc) القبعة النووية.

في بعض أنواع هذه الرتبة يوجد نوعان من الميسليوم: الميسليوم الجرثومي sporophyte والميسليوم الجاميطي gametophyte، قد يكونان متماثلان شكلياً، أو قد يختلفا.

على الميسليوم الجرثومي تتكون الحوافظ الجرثومية والتي تعطي جراثيم سابحة ثنائية الصبغيات (2N) وهذه تعطي جيلاً جديداً من الميسليوم الجرثومي، الأكياس رقيقة الجدر، وتنشأ الجراثيم السابحة بالانقسام الفتيلي معطية جراثيم ثنائية الصبغيات وتسمى هذه الجراثيم mitospores والأكياس mitosporangia.

يعطي الميسليوم الجرثومي بالإضافة لهذه الأكياس، أكياساً أخرى جدرها أكثر سمكاً تسمى meiospores، وهذه بإنباتها تعطى الميسليوم الجاميطي، وهو يحمل الأكياس الجاميطية gametangia، حيث تتكون داخلها الجاميطات. تشبه الجاميطات الجراثيم المتحركة، إلا أنها أصغر منها حجماً. وكما سبق القول، فالجاميطات إما متماثلة أو مختلفة الشكل والحجم، كما قد تختلف عن بعضها بما تحتويه من صبغات وفي مدى حركتها. واللاقحة الناتجة من إتحاد الجاميطات تؤدي إلى الطور الجرثومي مرة أخرى.

قسم سبارو Sparrow (١٩٦٠ ، ١٩٧٣م) الرتبة إلى ثلاثة فصائل، هي الفصيلة الكيولوموسينية Coelomomycetaceae وتضم جنساً واحداً، والفصيلة الكاتينارية Catenariaceae وتضم الجنسين *Catenaria* و *Catenomyces* والفصيلة البلاستوكلادية Blastocladiaceae وتضم الأجناس *Allomyces, Blastocladiopsis, Microallomyces, Blastocladiella, Blastocladia*. ثم أضاف Longe and Olson إليهم الفصيلة الفيزودراماتية Physodermataceae وتضم الرتبة الآن خمسة فصائل طبقاً لمفتاح التقسيم التالي:

مفتاح مبسط لفصائل رتبة البلاستوكلاديالات

١- متطفلات داخلية متخصصة على اللافقاريات، الثالوس الجرثومي على الحشرات ثنائية الأجنحة dipterous، عار، متفرع، أو مفصص يتحول إلى كتلة غليظة الجدار، متبايغة النمنمة، الجرثومة الساكنة تفتح بالإنفلاق وتعمل ككيس اسبورانجي عند الإنبات، الطور الجاميطي في microcrustaceous.

Family Coelomomycetaceae

- ليست متخصصة التطفل، الثالوس مغطى بجدار، وحيداً ومتعدد المراكز أو قد يعطي مستعمرة..٢

٢- مستعمرة داخلية المعيشة متطفلات في tardigrads، الطور الفوقي متعدد المراكز، متفرع، ذو أشباه جذور، يتطور خارجاً على tardigrade المصابة.

Family Sorochytriaceae

- طور المستعمرة غائب ٣

٣- تتضمن دورة الحياة أكياس اسبورانجية وحيدة المركز، فوقية وكذا عديدة المراكز، داخلية المعيشة، تحمل خلايا مقسمة حلزونية turbinate، تنشأ منها جراثيم ساكنة سمكية الجدار، متطفلات على مغطاة البذور.

Family Physodermataceae

- الثالوس متعدد المراكز، هيفي، ذو ميسليوم جذري، أو ذو خلية قاعدية ممتدة، أو أحادي المركز، ليست متطفلات على مغطاة البذور ٤

٤- الثالوس متعدد المراكز، الميسليوم الجذري ذو سلاسل منتفخة تنفصل بواسطة برازخ isthmuses عقيمة، مترممات أو متطفلات.

Family Catenariacea

- الثالوث وحيداً أو متعدد المراكز، نموذجاً ذو جزء قاعدي دائم يتولد على واحد أو أكثر من التراكيب التكاثرية أو الهيفية، مترممات.

Family Blastocladiaceae

٤-٢-١-٤-١ الفصيلة الكيولوميسيتية:

Family Coelomomycetaceae

ينتمي لهذه الفصيلة جنساً واحداً هو الجنس *Coelomomyces* والذي يضم ما يزيد عن التسعين نوعاً، جميعها متطفلات إجبارية على يرقات البعوض. هذا النمط المعيشي أدى لتحديد نمو الفطر، كما أنه عارٍ وليس له أشكالاً جذرية. ومما يثير الانتباه أن هذا الفطر ثنائي المسكن heteroecious أي يقضي دورة حياته على كائنين منفصلين . يتركب الثالوس من هيفا خشنة، جيدة التكوين، تتفرع تفرعاً ثنائياً، عار، وهو يتطور في يرقات الناموس. هذه الهيفا وهى داخل جسم اليرقة تنشق لعدة أكياس اسبورانجية، سميكة الجدار، ملساء أو منمنة، بنية اللون، مقاومة للظروف الغير مواتية، ويعد تكوين هذه الأكياس النقطة المحورية فى تصنيف الفصيلة ضمن الرتبة، بالإضافة لوجود القبعة النووية بالجراثيم السابحة.

يعتقد أن الانقسام الإختزالى يحدث داخل الكيس المقاوم، وتخرج منه جراثيم سابحة مختلفة جنسياً (+ ، −)، تنساب فى الماء، وهذه لا تستطيع إصابة يرقات الناموس، إنما تصيب عائل آخر هو القشرى البحرى *Cyclops venalis* (adult copepod) وداخله تتكون هيفات جسدية عارية، تماثل جنسياً الجرثومة الناشئة عنها. تعطى الهيفا أكياساً جاميطية متباينة الجنس، تنساب فى الماء، حيث تقترن فى أزواج، تصيب اللاقحة ثنائية الأسواط يرقات البعوض، وبذلك تعيد دورة الحياة.

تستخدم هذه الفطريات فى المقاومة الحيوية، ويعد النوع *C. punctatus* المتطفل على يرقات بعوض الملاريا هو الأكثر أهمية فى هذا المجال.

كما سبق القول، فقد أمكن تمييز تسعين نوعاً حتى الآن تنتمي لهذا الجنس. وخواص الاسبورانجيات هى الصفة الأكثر أهمية المستخدمة فى تقسيم هذا الجنس. ويعد النوع

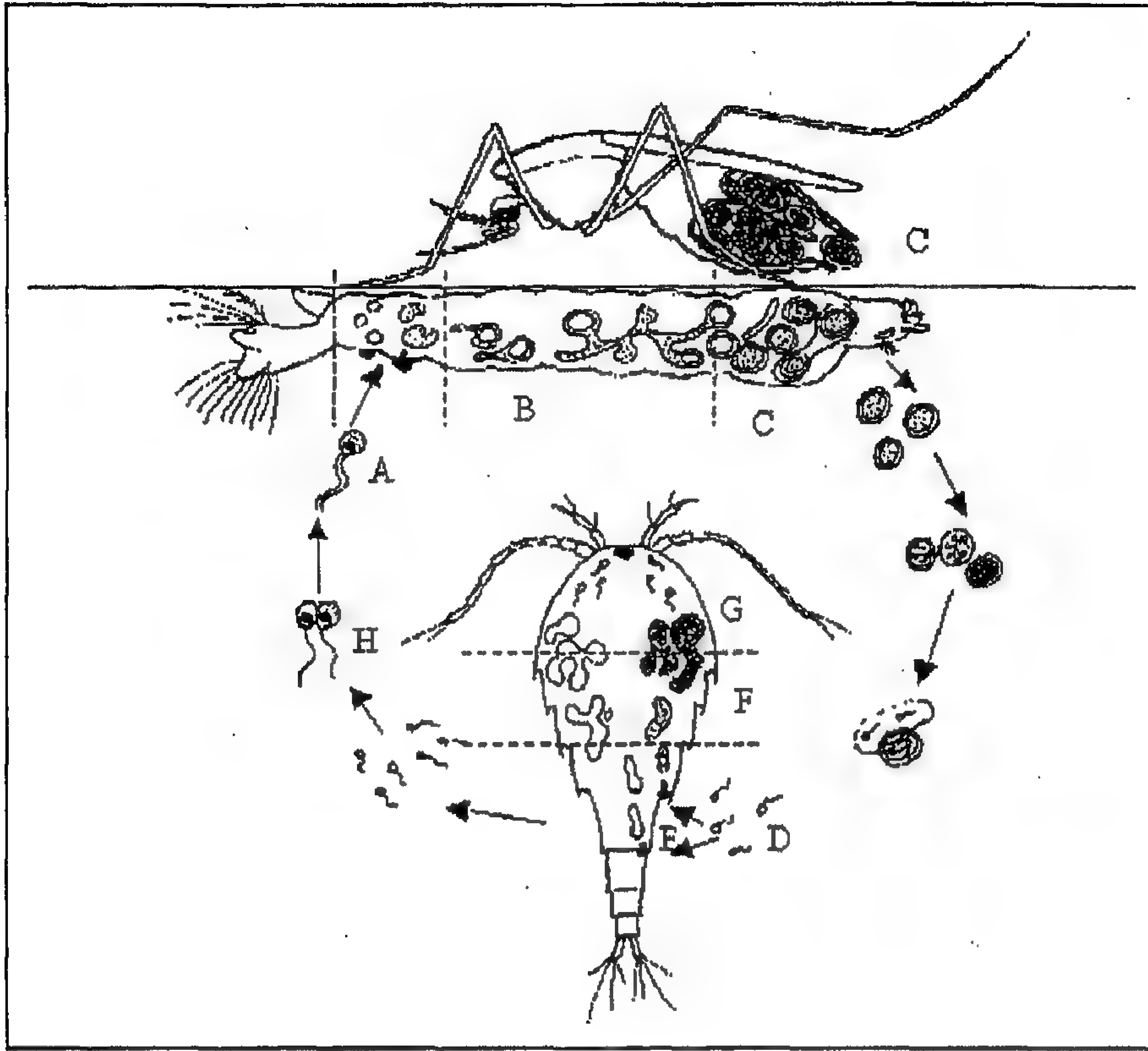
C. psorosphorae هو الكائن الأكثر دراسة.

لكى تتم دورة حياة النوع *C. psorosphorae* شكل (٤-٢-١-٤-١-١)، فإن ذلك لا يتطلب فقد تواجد يرقات الناموس *Culiseta inornata*، إلا أن ذلك يحتاج لعائل آخر هو الحيوان القشرى البحرى copepod. ينمو الطور الثنائي الصبغي المعطى للجراثيم فى الناموس، أما الطور الأحادى المعطى للجاميطات فهو يتكون في copepod (*Cyclops venalis*). تبدأ دورة الحياة بالجراثيم الاختزالية أحادية الصبغيات haploid meiospores ويوجد منها نمطان يرمز إليهما (+) و (−). تسبح هذه الجراثيم فى الماء، تتحوصل عندما يبتلعها copepod، يخترق الكيوتيكل، يعطى الفطر ثالوس جاميطى مختزل قليل التفرع وذلك فى مجرى الدم بالعائل. هذا الثالوس والثالوس الجرثومى كلاهما عار. كلا الثالوسين (+) و (−) قد يتطورا فى حيوان واحد، إلا أن ذلك نادر الحدوث. عندما تنضج الثالوسات فإنها تعطى الجاميطات والتى تنطلق قبيل وفاة العائل، وإذا ما تواجد كل من الجاميطات (+) و (−) فى نفس العائل، فقد يتحدا مؤديا لتكوين زيجوت متحرك. تنطلق الزيجوتات أو الجاميطات من العائل بعد تحطيم الكيوتيكل عن طريق تكوين حويصلات vesicles. تحدث بعد ذلك عدة اتحادات بين الجاميطات فى الماء لتعطى الزيجوت السابح.

إذا ما التقت إحدى الزيجوتات بإحدى يرقات الناموس، فإنها تتحوصل، تحيط نفسها بجدار، تعطى كل حوصلة عضو التصاق جانبى لتكوين أنبوبة الإختراق، والتى سرعان ما تنمو مخترقة كيوتيكل العائل إلى داخل الخلايا الطلائية، يحدث عملية حقن بروتوبلاست الفطر داخل الخلية وتتطور بعد ذلك إلى الثالوس الجرثومى، تدخل قنوات الدم حتى تتضاعف عن طريق تكوين وحدات منفصلة تسمى الأجسام الهيفية، تعطى هذه التراكيب الميسليوم الثنائى والأجزاء الطرفية منها تتحول إلى اسبورانجيات ساكنة سميكة

الجدار، بيضاوية صفراء إلى بنية اللون.

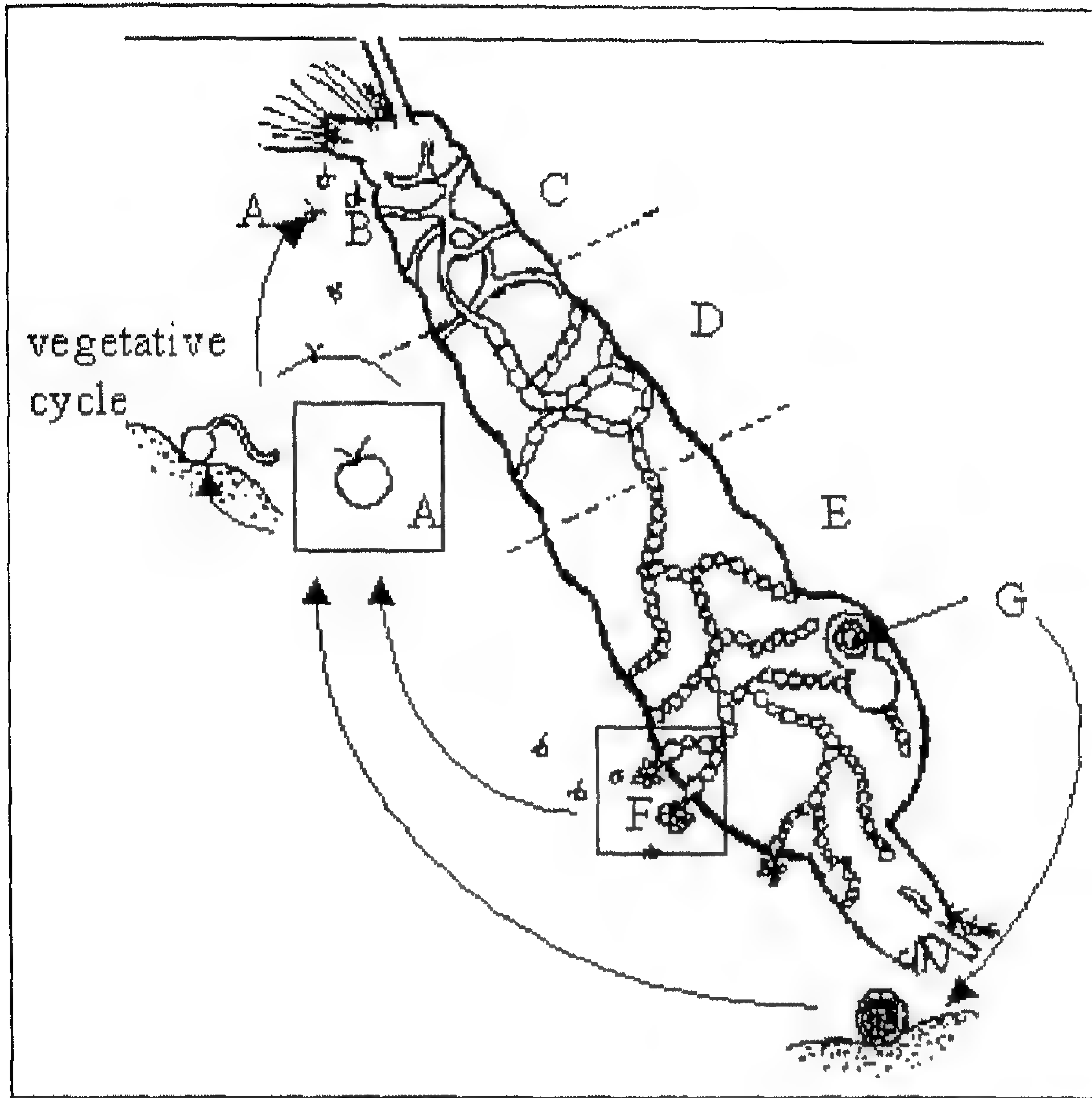
تنتج الاسبورانجيات الساكنة بأعداد قد تملأ جسم اليرقة الميتة أو التى فى طريقها للموت. تنساب الاسبورانجيات بعد تحلل جسم اليرقة، وإذا ما وجدت فى ظروف مناسبة، فإنها تتجرثم، وخلال ذلك يحدث الانقسام الاختزالى ويتكون عدد من الجراثيم أحادية الصبغيات. تنطلق الجراثيم أحادية الصبغيات (+) و (−) من الاسبورانجيوم الساكن عن طريق ظهور شق في جدار الكيس. من أهم أنواع هذا الجنس واسعة الانتشار فى شمال أفريقيا النوع *C. africanus* و *C. grassei* و *C. walkeri* و *C. giganteum* (شكل ٤-٢-١-٤-١-٢) ويوضح الشكل (٤-٢-١-٤-١-٣) اسبورانجيات *Coelomomyces* في *Dicrotesdipes californicus*، كما يظهر الشكل (٤-٢-١-٤-١-٤) الاسبورانجيات الداخلية المقاومة للفطر *Coelomomyces iliensis* var indus فى يرقات بعوض *Culex dolsus* ويظهر الشكل (٤-٢-١-٤-١-٥) صورة مكبرة بالميكروسكوب الالكتروني للاسبورانجيات الداخلية المقاومة.



شكل (٤-٢-١-٤-١-١) : دورة حياة لأنواع جنس *Coelomomyces*:

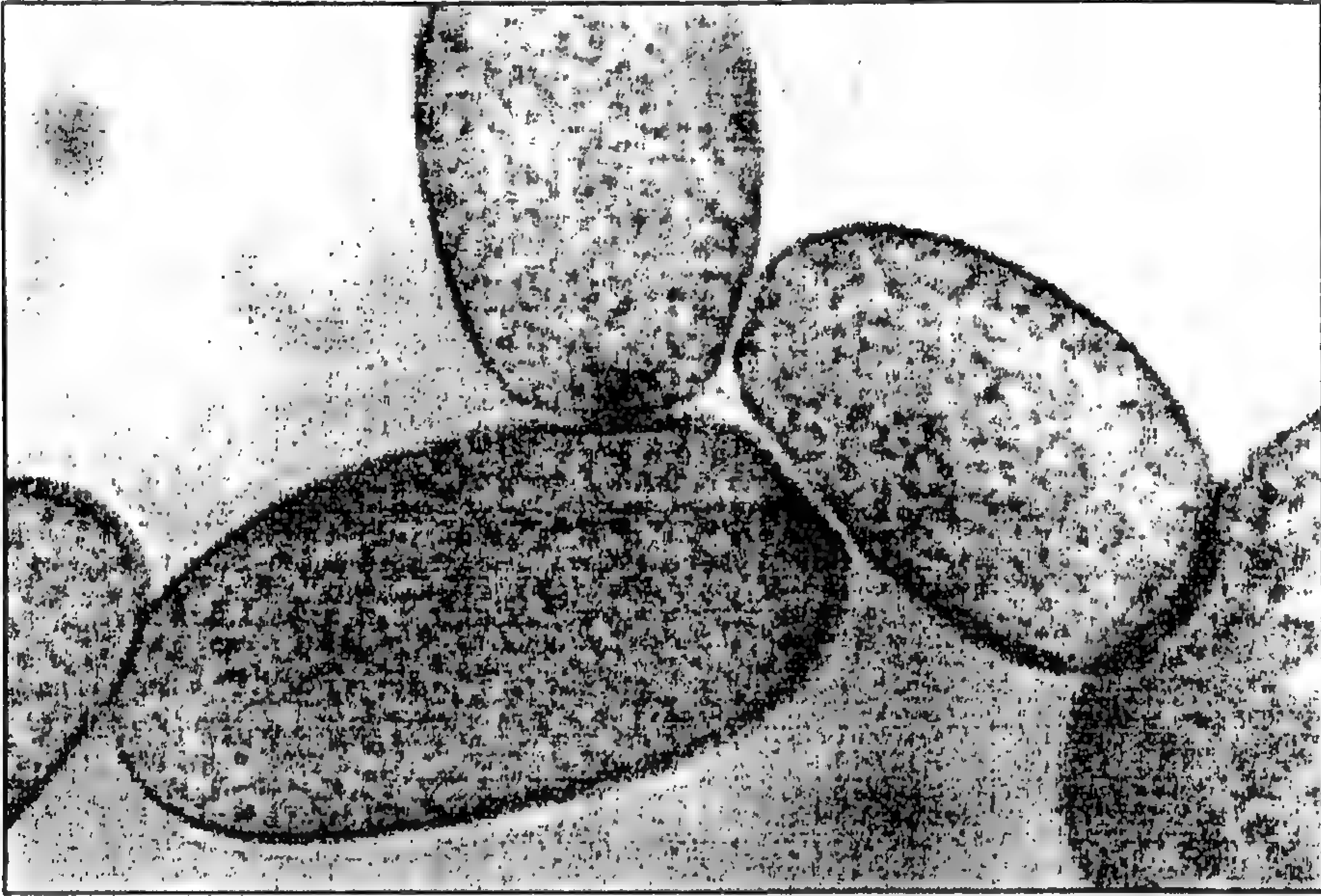
A) يصيب الزيجوت ثنائى الأسواط hemocoel يرقات البعوض (منظر جانبى) منتجاً مولد الهيفا والتى تتحول فيما بعد إلى الهيفا.

B,C) هيفا نامية في hemocoel معطية اسبورانجيات ساكنة. وإذا ما حدث أن أصابت يرقة (مؤنثة) فإنها تعيش حتى الطور الكامل، تتكون الاسبارنجيات الساكنة وتنتشر بواسطة oviposition، وفى النهاية تنساب الجراثيم الاختزالية (D) والتى تصيب Copepod معطية الطور الجاميطى (E)، وكل واحدة منها سوف تعطى gametangie (F) وهى تطلق الجاميطات ذات الطراز التزاوجى المفرد (G). تندمج جاميطات الطرز التزاوجية المختلفة أما داخلياً أو خارجياً (H) فى Copepod معطية الزيجوت ثنائى الأسواط والذى يتم دورة حياة الفطر وذلك عن طريق إصابته ليرقة بعوضة أخرى. (عن Emst.Jan Scholte)



شكل (٤-٢-١-٤-١-٢) : دورة حياة النوع *C. giganteum* الجراثيم السابحة (A) تلتصق ثم تخترق الكيوتيكل (B) ليرقات البعوض. تنمو الهيفا (C)، تقسم (D). وتبدأ فى تكوين الاسبورانجيات (E) تخرج الجراثيم المتحركة vesicles (F) تتكون (الطور اللاجنسى) أو الجراثيم البيضية (G) (الطور الجنسى).

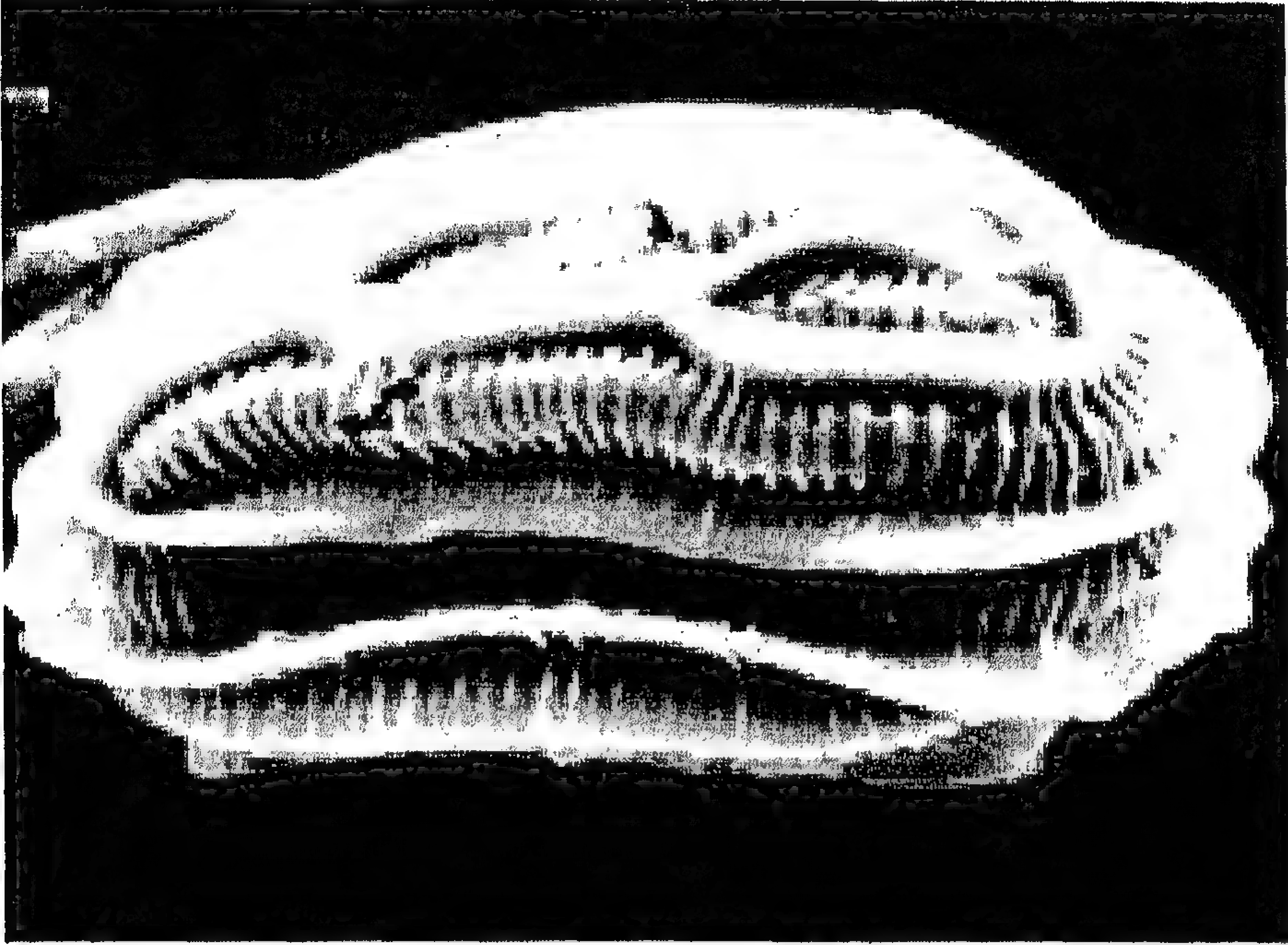
عن : Fetter-lasto and Washine (1983)



شكل (٤-٢-١-٤-٣) : اسبورانجيات *Coelomomyces* من *Dicrotendipes californicus*

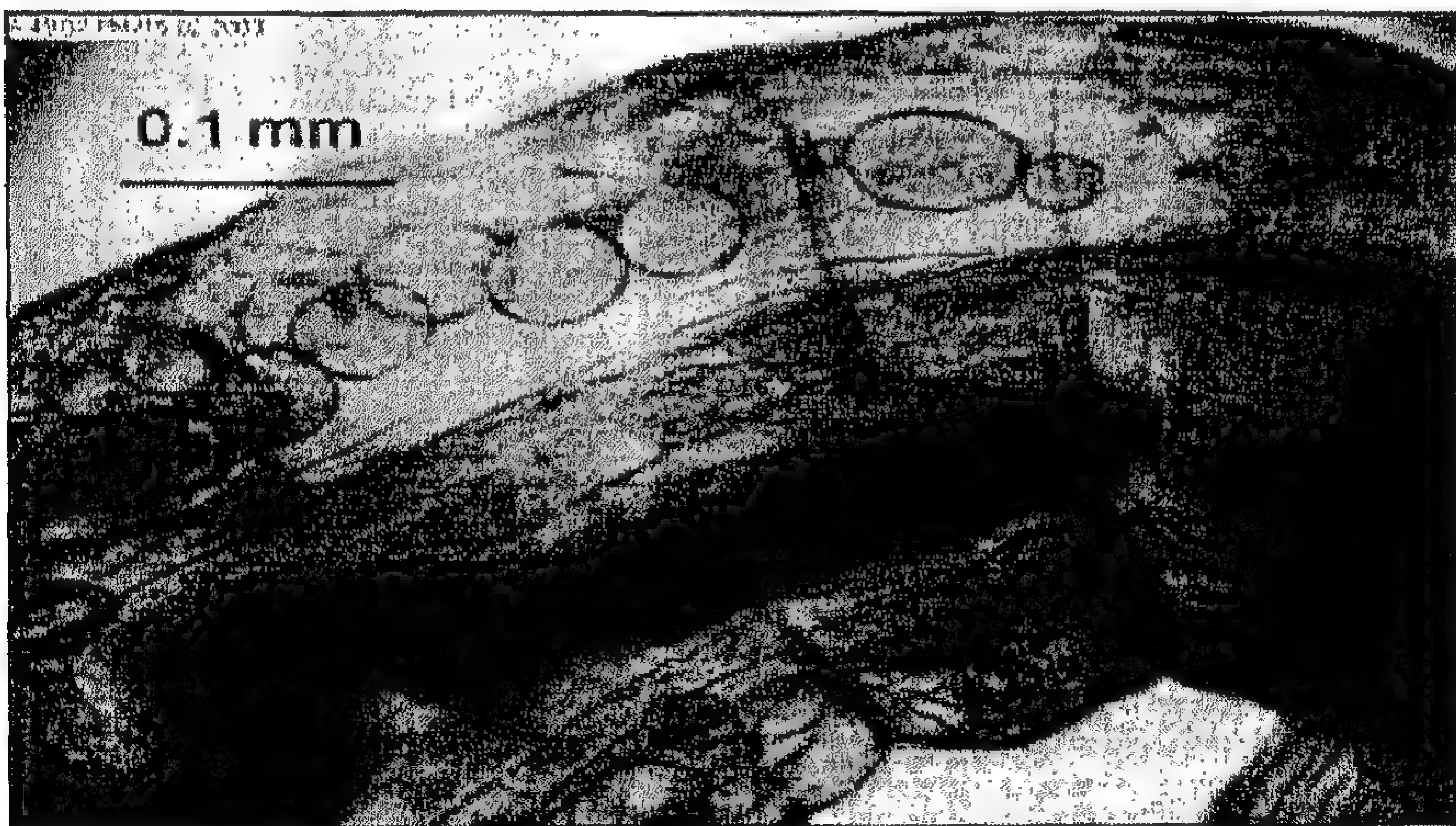


شكل (٤-٢-١-٤-١-٤) : الاسبورانجيات الداخلية المقاومة للنوع *Coelomyces iliensis* var. indus في يرقات البعوض *Culex dolosus*.



شكل (٤-٢-١-٤-١-٥) : صورة بالميكرسكوب الالكتروني للاسبورانجيات الداخلية المقاومة للنوع *C. ilinesis var. indus* فى يرقات البعوض *Culex dolosus*

ويظهر شكل (٤-٢-١-٤-١-٦) قطاع طولى فى معدة حشرة *Simulinum pipers* مصابة بأحد الفطريات الكوليومسيتية، حيث تظهر اسبورانجيات الفطر داخل معدة الحشرة.



شكل (٤-٢-١-٤-١-٦) : وحدة الحشرة *Simulium pipers* يظهر اسبورانجيات *Coelomomyces*

٤ـ٢ـ١ـ٤ـ٢ الفصيلة الكاتينارية

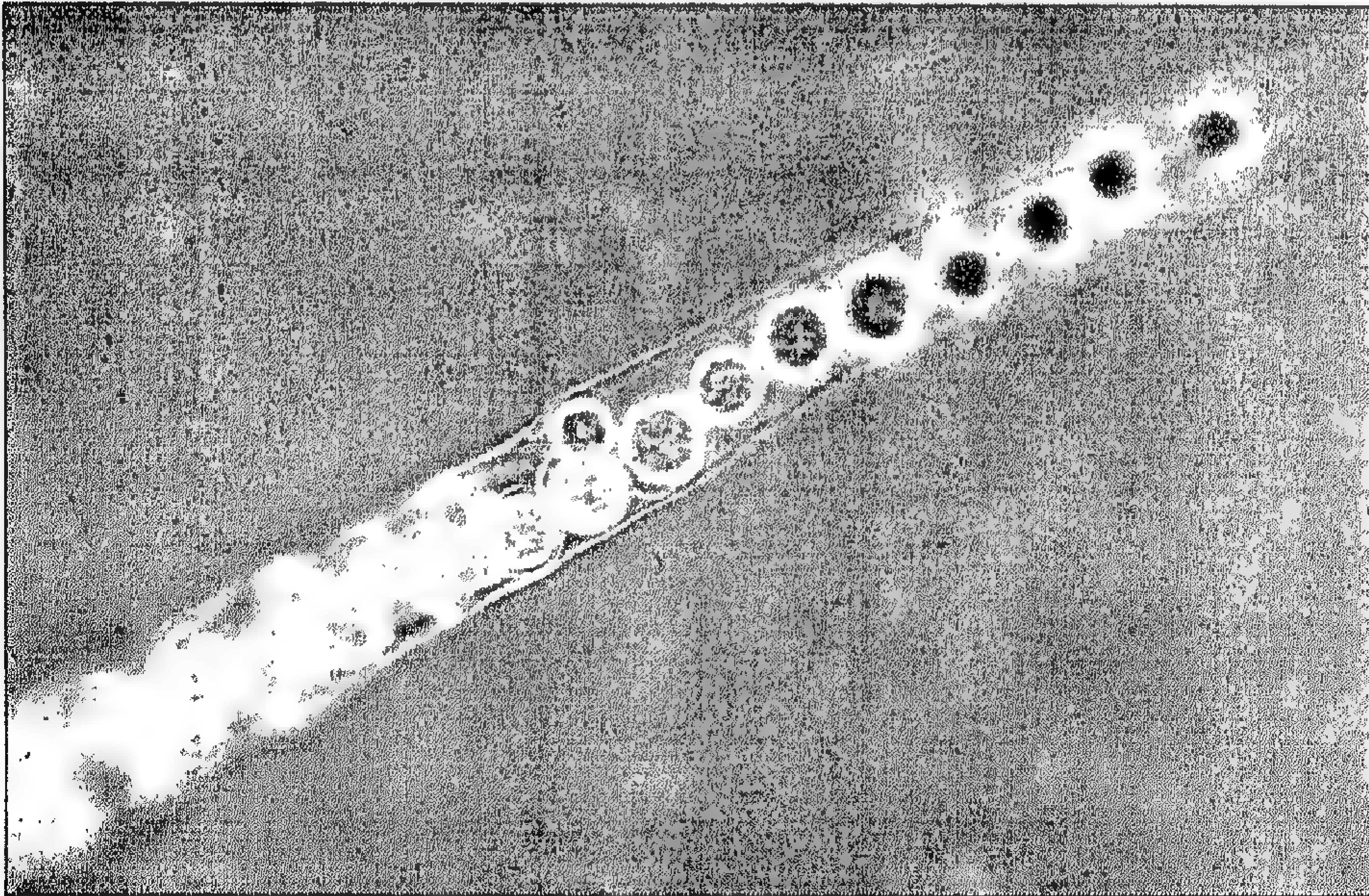
Family Catenariaceae

تضم الفصيلة الكاتينارية ثلاثة أجناس، الجنس *Catenaria* والجنس *Catenomyces* وقد أضاف اليهما John S. Karling الجنس *Catenoplycts* حيث أطلقه على النوع *Phlyctorhiza variabilis* التابع لرتبة الكيتريديالات وذلك بسبب تشابه تركيب الجراثيم السابحة مع التركيب السائد فى هذه الرتبة. وتضم الفصيلة ثلاثة عشر نوعاً.

تعيش أفراد هذه الفصيلة متطفلة على الحيوانات اللافقارية الصغيرة وعلى بيض الديدان الميكروسكوبية أو على بعض الفطريات، كما تنمو بعض الأفراد على بقايا النباتات والحيوانات.

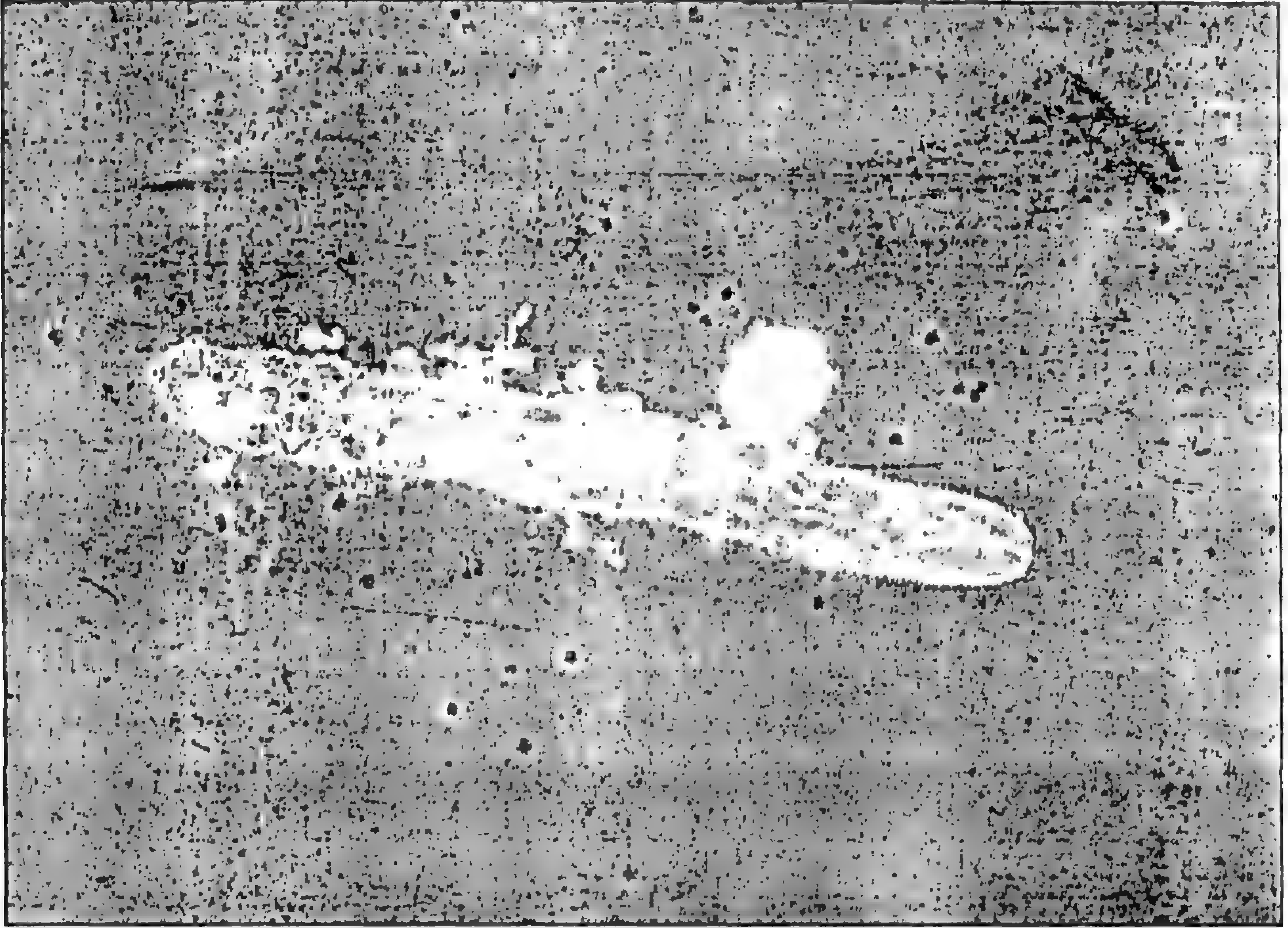
الثالوس أنبوبى متفرع أو غير متفرع، يرتدى جداراً شيتينياً، وله أشباه جذور تنغمس فى الطبقة التحتية، ولهذه الفطريات تبادل أجيال واضح.

تتكون فى الثالوس جدر عرضية، حيث تتحول مكونات كل وحدة منها إلى حافظة جرثومية (شكل ٤-٢-١-٤-٢-١)، وتبدو الحوافظ مرتبة فى صفوف.



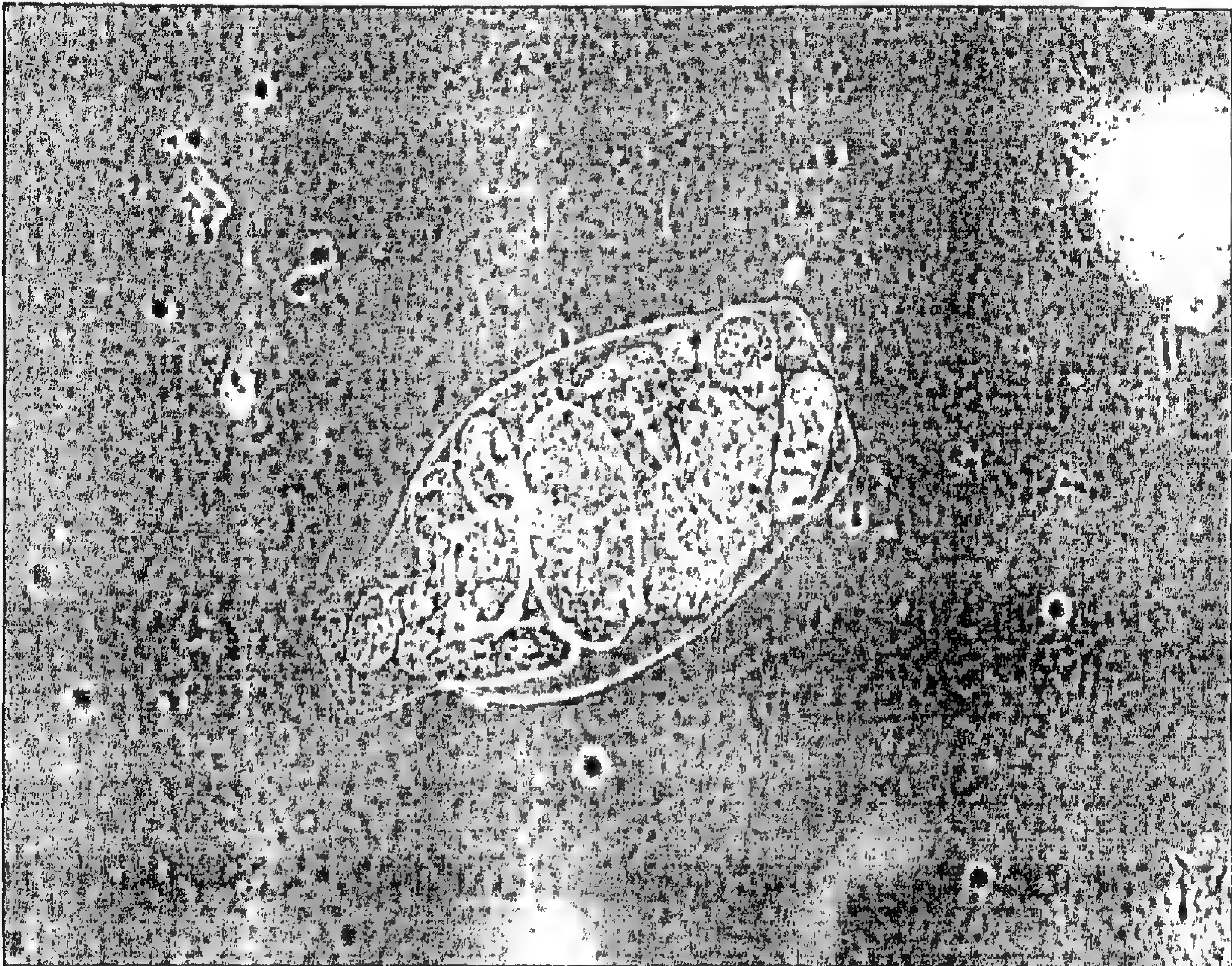
شكل (٤-٢-١-٤-٢-١) : الأكياس الاسبورانجية للجنس *Catenaria* فى جسم النيماتودا حيث يلاحظ ترتب الأكياس فى صفوف.

ولكى تخرج الجراثيم المتحركة، تتكون رقبة صغيرة، تبرز منها الجراثيم للخارج (شكل ٤-٢-١-٤-٢-٢) .

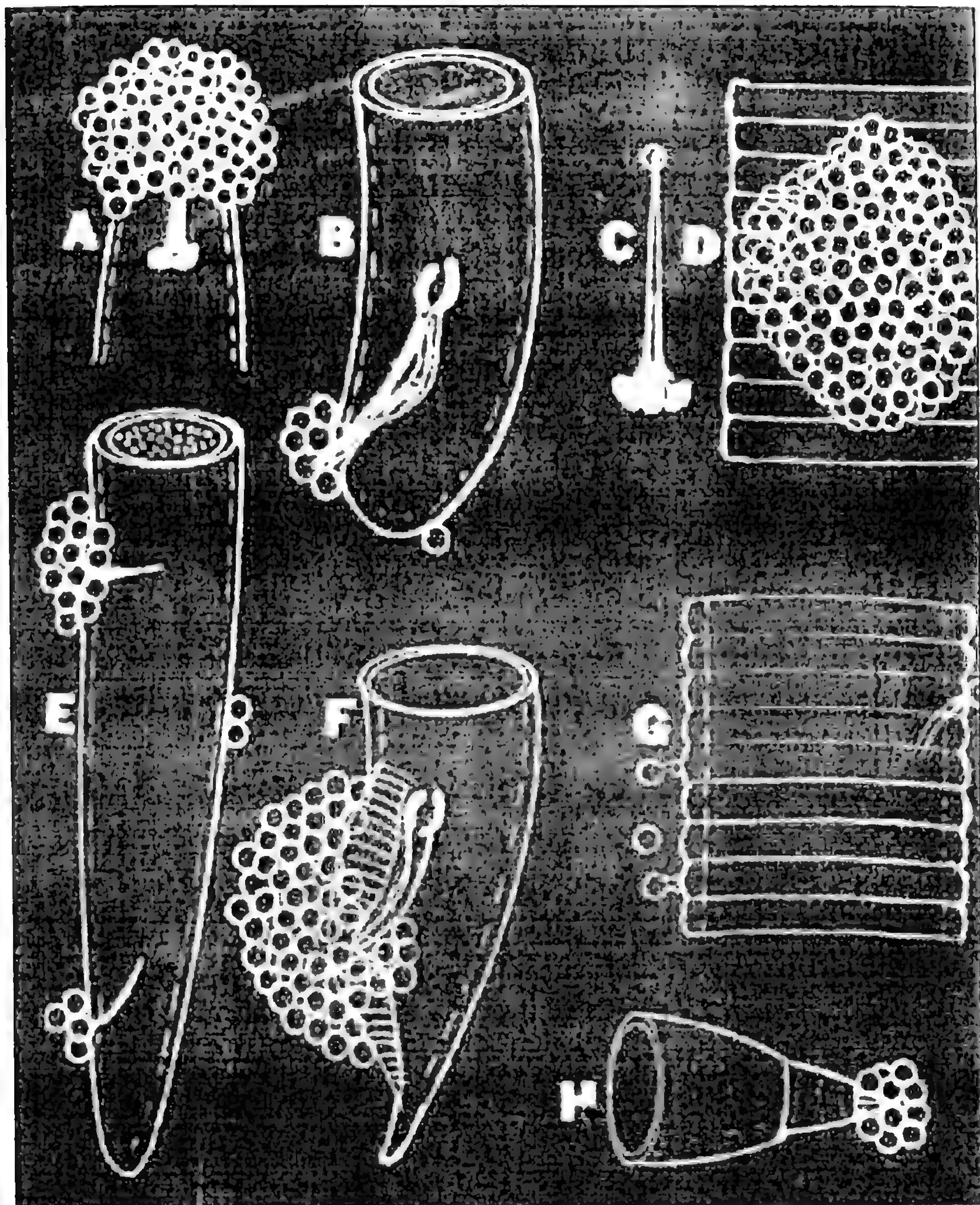


شكل (٤-٢-١-٤-٢-٢) : الأكياس الاسبورانجية للجنس *Catenaria*، تظهر انبوبة الإخراج التى تنساب منها الجراثيم.

من أكثر أنواع الجنس *Catenaria* إنتشاراً لنوع *C. anguillula* الذى يستوطن التربة ويتطفل على النيماتودا وغيرها من الحيوانات الأولية شكل (٤-٢-١-٤-٢-٣) ويكثر انتشاره فى غرب أوروبا وآسيا وافريقيا وأمريكا الشمالية والجنوبية ويوجد بجسم النيماتودا مواقع خاصة تنجذب إليه الجراثيم السابحة لأنواع هذا الجنس (شكل ٤-٢-١-٤-٢-٤).



شكل (٤-٢-١-٤-٣-٣) : حيوان الدوار يحتوى على الأكياس الاسبورانجية للنوع *C. anguillulae*



شكل (٤-٢-١-٤-٣-٤) : مواقع انجذاب الجراثيم السابحة للجنس *Catenaria* على العائل النيماتودى .



بالإضافة لذلك، فإن بعض أنواع الجنس *Catenaria* تتطفل على بعض الفطريات البلاستوكلادية مثل النوع *C. allomyces* الذى يتطفل على أنواع جنس *Blastocladiella* , *Allomyces*. كما توجد بعض الأنواع تعيش فى الماء مترممة أو متطفلة على بعض الطحالب مثل طحلب الاسبيروجيرا والكلادوفورا أو على نبات الألوديا مثل النوع *C. sphaerocarpa*، والذى قد يتطفل فى بعض الأحيان على جذور نباتات الذرة أو البصل أو غيرهم من النباتات.

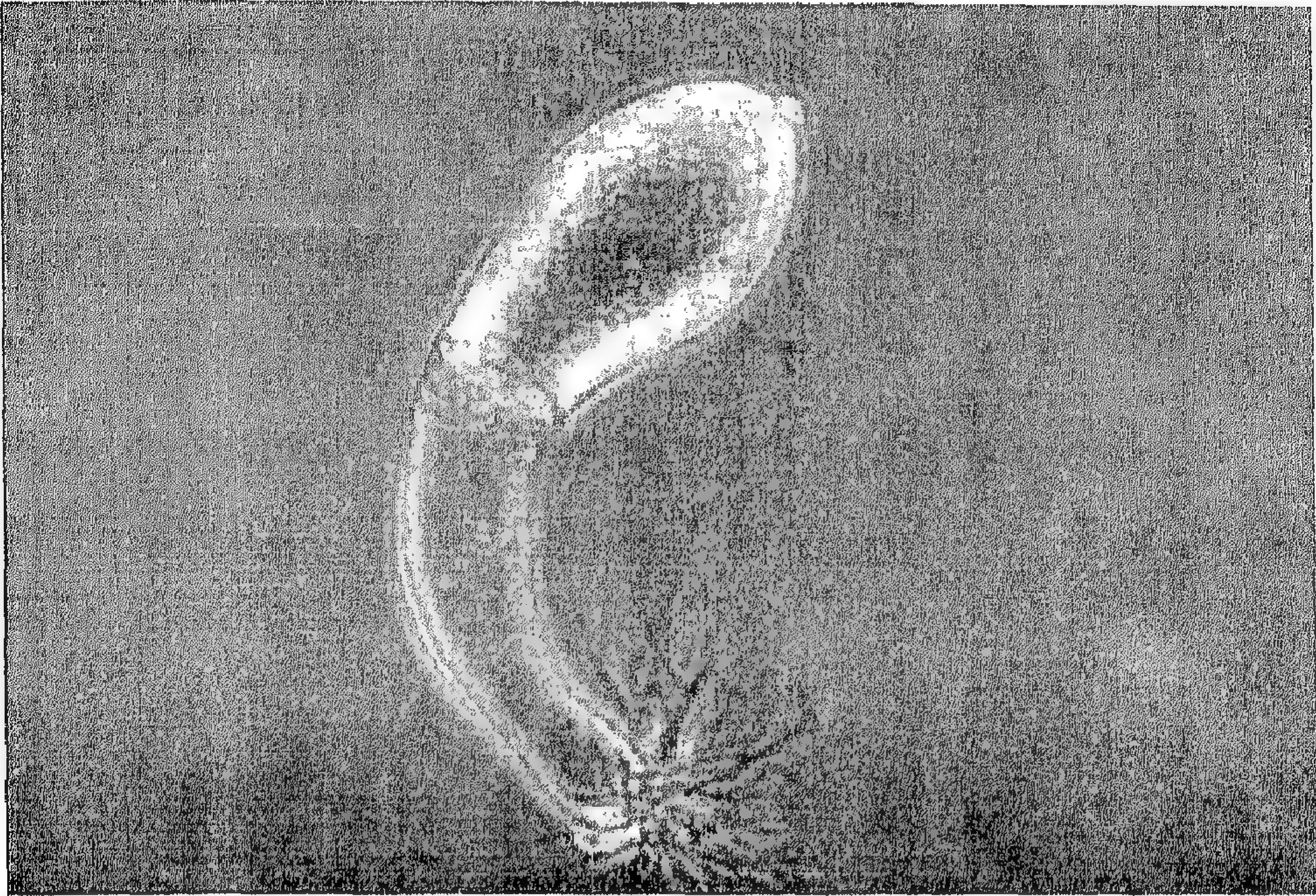
٤-٢-١-٤-٣ الفصيلة البلاستوكلادية

Family Blastocladiaceae

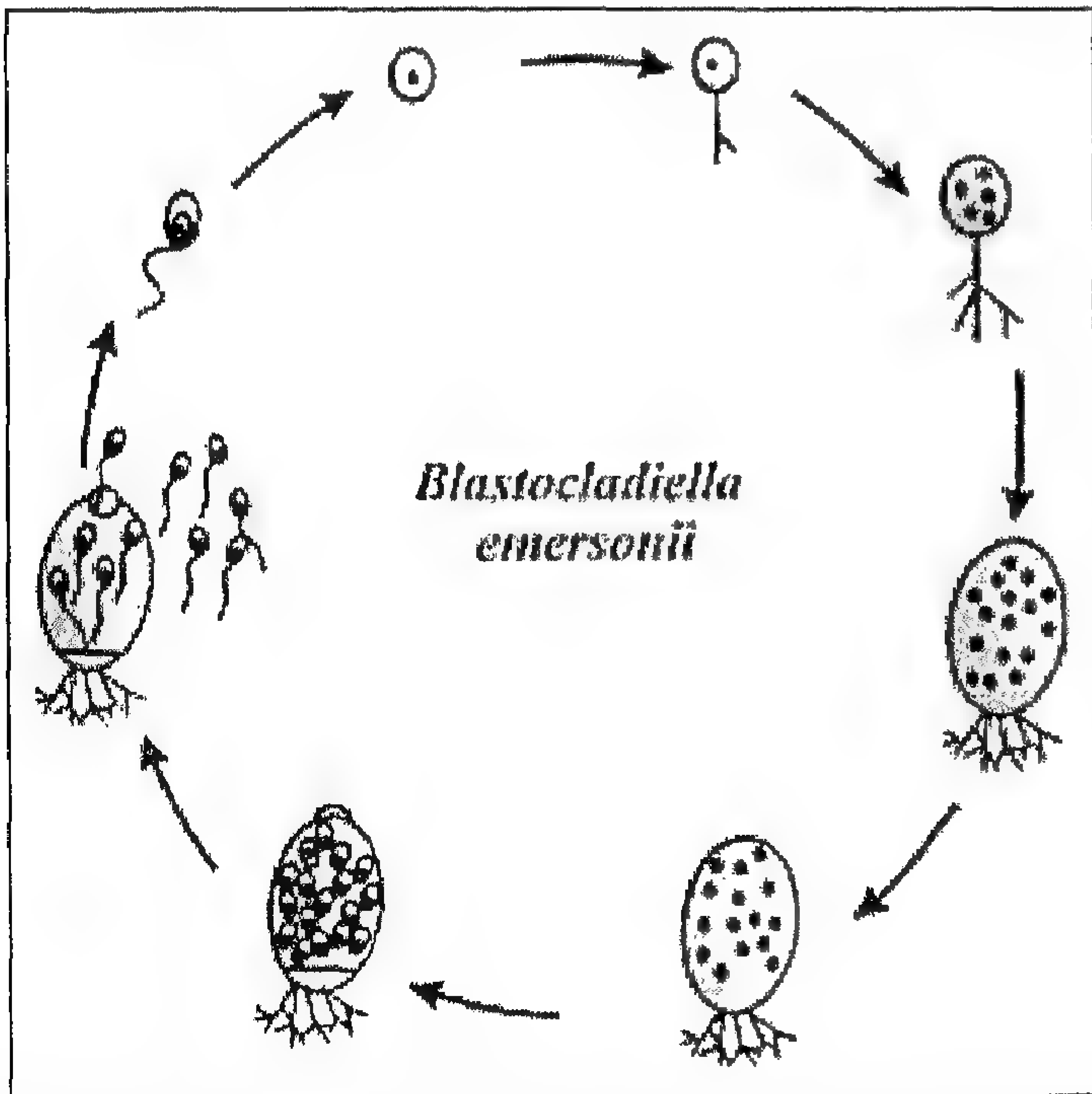
فى هذه الفصيلة يزداد الميسليوم تعقيداً، حيث يتركب غالباً من أشباه جذور واضحة التفرع، جيدة التكوين، تعمل على تثبيت الثالوس فى الطبقة التحتية، وجذع إسطوانى يتفرع غالباً بطريقة ثنائية. تظهر على الفروع الأعضاء التكاثرية. الهيفات غير مقسمة وأحياناً ذات جدر عرضية كاذبة ويتغطى الثالوس بجدار شيتيني.

تضم الفصيلة البلاستوكلادية أربعة أجناس هى : الجنس *Blastocladiopsis* والجنس *Blastocladiella* والجنس *Blastocladia* والجنس *Allomyces* وتضم هذه الأجناس الأربعة حوالى ٣٨ نوعاً.

يشاهد فى الجنس *Blastocladiella* ميسليوم هوائى قليل التفريع يخرج منه عدد وافر من أشباه الجذور (شكل ٤-٢-١-٤-٣-١) .



شكل (٤-٢-١-٤-٣-١) : ثالوس الفطر Blastocladiella، تظهر أشباه الجذور لأسفل. حيث تتكون بوفرة والكيس الاسبورانجى فى الناحية المقابلة .



شكل (٤-٢-١-٤-٣-٢) : دورة حياة الفطر *Blastocladiaella emersonii*

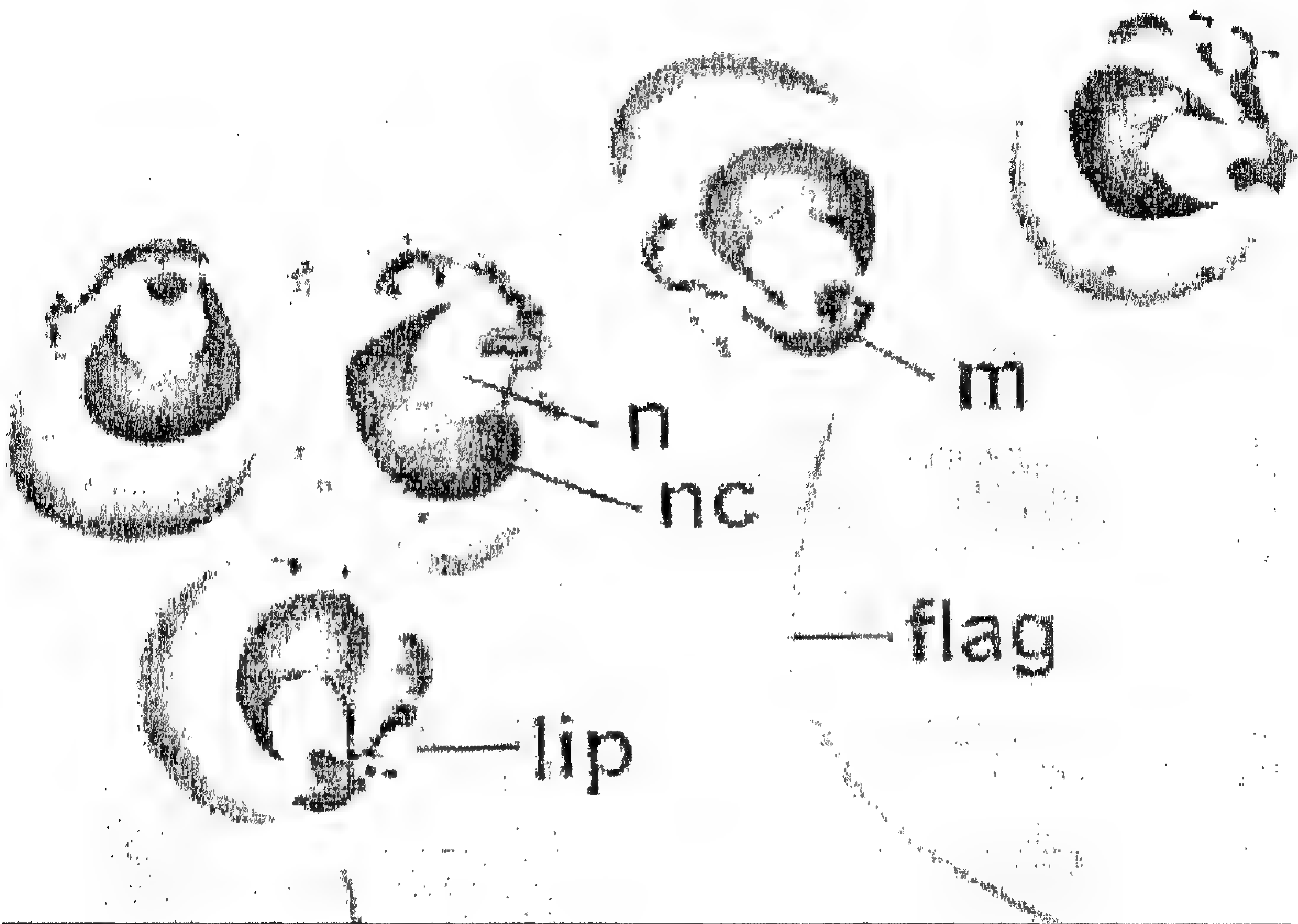
الميسليوم الجرثومى إما أن يحمل حافظة الجراثيم السابحة أو حويصلات ساكنة؛ وعلى الميسليوم الجاميطى تتكون الحوافظ الجاميطية. ويوضح شكل (٤-٢-١-٤-٣-٢) دورة حياة الفطر *B. emersonii*.

للأنواع التابعة لهذا الجنس ميسليوم ذو خلايا متطاولة، تتفاوت حجماً من نوع لآخر. إلا أنهم يشتركوا جميعاً فى وجود شبه جذر متميز. فى نهاية كل خلية متطاولة إما أن يتكون كيس اسبورانجى ذو جدار رقيق ينفصل عن بقية الخيط بجدار عرض أو تتكون حوصلة داخل جدار رقيق يحيط بها جدار سميك يتكون من طبقتين. وقد ثبت أن تكوين الحويصلات قد يكون مرتبطاً بالظروف غير المواتية لنمو الفطر. تتميز الحويصلات بقدرتها العالية على تحمل الظروف غير المواتية مثل الجفاف الشديد أو الحرارة المرتفعة أو غيرها. تخرج الجراثيم السابحة من الأكياس الاسبوارنجية عن طريق ثقب (شكل ٤-٢-١-٤-٣-٣)، وبعد فترة من السباحة النشطة، تنبت لتعطى ثالوس جديد (الميسليوم الجرثومى)، أما الجراثيم المتحركة التى تخرج من الحويصلات فهى أصغر حجماً من الأولى، تنبت لتعطى الثالوس الجاميطى. واللاقحة الناتجة من إتحاد الجاميطات. تنبت لتعطى الثالوس الجرثومى.

وجد أنه فى الفطر *B. emersonii* عند زيادة محتوى CO_2 فى الوسط الغذائى (عندما تنمو البكتريا بأعداد كبيرة)، تخرج من الحويصلات جراثيم سابحة، ثنائية المجموعة الصبغية، تنبت لتعطى ثالوس جرثومى.

يمكن تنمية كثير من أنواع هذا الجنس على الأوساط الغذائية السائلة والصلبة لذلك. فقد استخدمت كأدوات نافعة لدراسة فسيولوجية وسيتولوجية ووراثة الكائن وعلى الأخص النوع *B. emersonii*. فى هذ النوع أمكن الحصول على طفرات ذات جراثيم سابحة ملتوية، وقد درست عملية التحول اللونى من الجراثيم إلى الثالوس والعكس: وقد وجد أن

خاصية إنتاج الصبغات يمكن أن تنتقل من جرثومة لأخرى.



شكل (٤-٢-١-٤-٣-٣) : الجراثيم السابحة *Blastocladiella emersonii*

m) ميتكوندريا، n) نواة، nc) القبعة النووية. lip قطرة دهن، flag سوط.

عرفت الأنواع التابعة للجنس *Blastocladia* قبل غيرها من أنواع هذه الرتبة (عام ١٨٧٨م)، توجد أنواع هذا الجنس في وسط غيرها من الفطريات، أو نامية على بقايا النباتات أو طافية على سطح الماء. يعطى الفطر على الطبقة التحتية جذع يبلغ طوله ١مم، أبيض اللون، وأنواع هذا الجنس أكثر انتشاراً من غيرها. يتركب الثالوس الفطرى من خلية

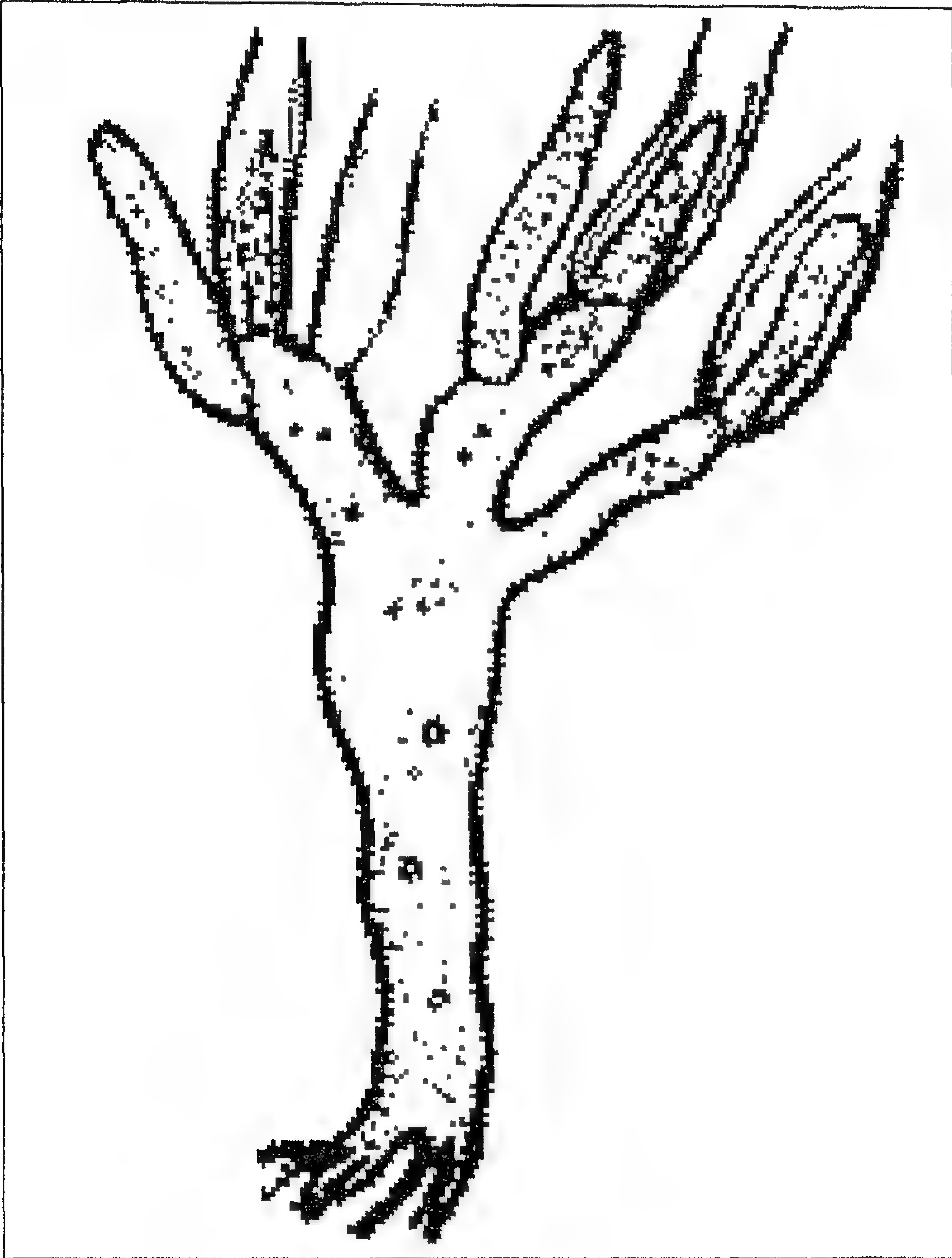


اسطوانية ضخمة، من أسفلها يخرج شبه جذر شديد التفرع، ومن الناحية الطرفية تبرز العديد من الأفرع ثنائية التفرع، تنتهى إما بأكياس اسبورانجية أو حويفظات ساكنة. وفى العادة يكثر انتشار الحويفظات الساكنة عندما يزداد محتوى CO_2 في الوسط (شكل ٤-٢-١-٤-٢-٤) الجراثيم الساكنة التى تنتج من الحويصلات الساكنة، تنبت بتكوين الثالوس مرة أخرى. ولا يوجد فى هذا الجنس ظاهرة تبادل أجيال، يضم الجنس ١٧ نوعاً أكثرهم انتشاراً
B. ramose , *B. globosa* , *B. tenius* , *B. gracilis* , *B. elegans* , *B. didyma* , *B. coronata* , *B. caduca* , *B. arborata*

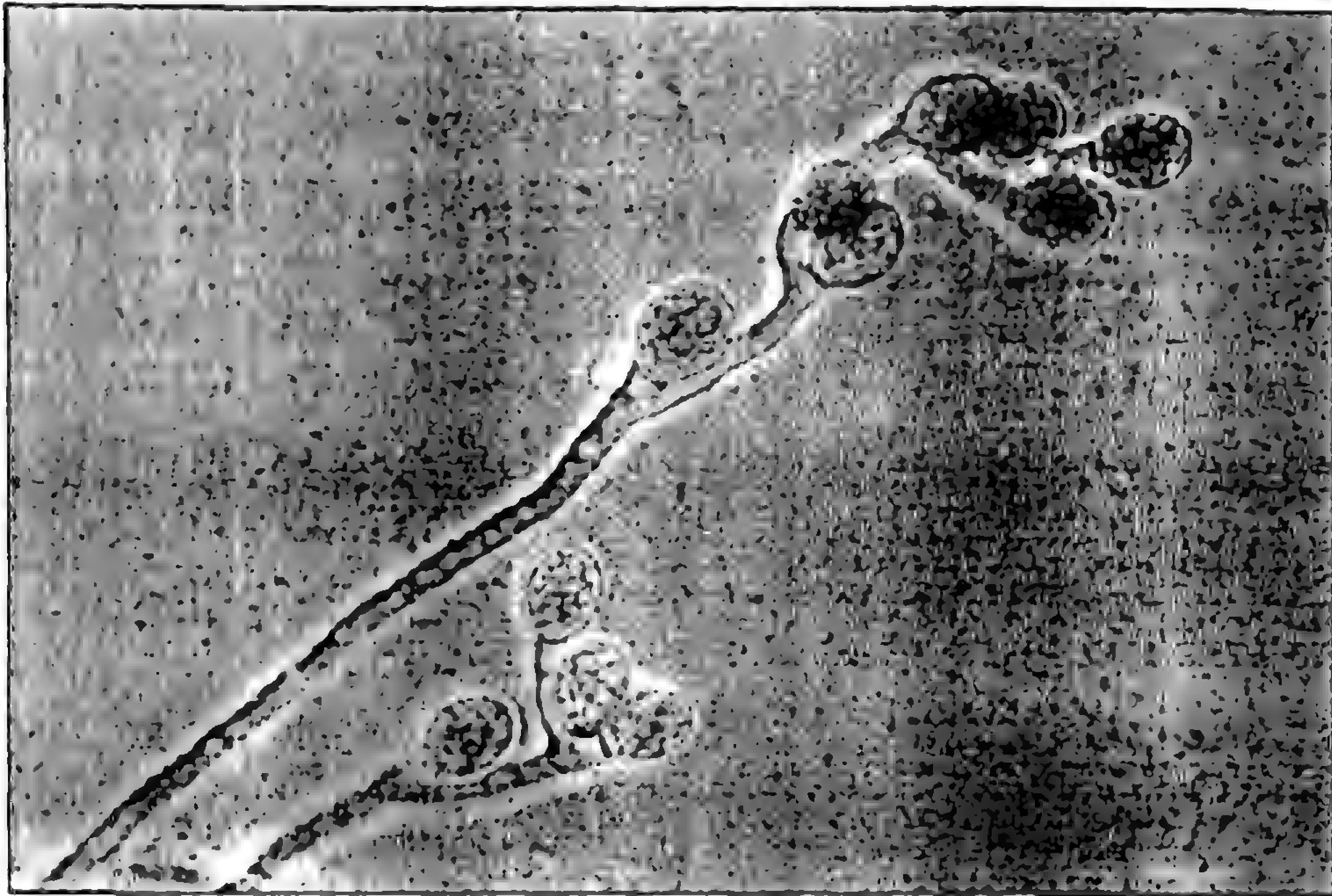
نصل إلى أكثر الأجناس إثارة للإهتمام فى هذه الرتبة، وهى الجنس *Allomyces*، ولهذا الجنس تركيب يشبه الجذع يصل طوله إلى ١سم.

عرف النوع *A. arbusculus* فى الهند عام ١٩١١م، ثم وجد بعد ذلك فى امريكا الشمالية والجنوبية وافريقيا وجنوب أوروبا وجزر الفلبين وفى أرخبيل ماليزيا وغيرها. وتعتبر درجة الحرارة هى العامل المحدد لنمو الفطر وانتشاره، لذلك لم يعرف فى نطاق يزيد عن ٤٠ درجة شمالا وجنوبا.

الغالبية العظمى من أنواع هذا الجنس تبدى ظاهرة تبادل الأجيال، وكلاً من الثالوسين: الجرثومى (شكل ٤-٢-١-٤-٣-٤) والجاميطى (شكل ٤-٢-١-٤-٣-٥) يتماثلان في درجة التطور، يتركب كل منهما من هيفات سميكة، قصيرة، متفرعة، ينمو الفطر نمواً محدوداً، حيث تنتهى قمة الفرع أما بحافظة جرثومية داكنة اللون metasporangia أو بكيس اسبورانجى mitosporangia وذلك فى الطور الجرثومى. من الأكياس الاسبورانجية تخرج جراثيم mitospores ذات سوط خلفى، متحركة، عديمة اللون، ثنائية المجموعة الصبغية ذات قبعة نووية، تنبت لتعطى الطور الجرثومى، تستغرق عملية تكوين الثالوس الجرثومى حوالى ٣٦ — ٤٨ ساعة، والإنبات ثنائى القطب bipolar، حيث تظهر أولاً الجذيرات ثم من الناحية المقابلة، تظهر الهيفا الهوائية، حيث تتفرع تفرعاً ثنائياً لتعطى الثالوس الجرثومى.



شكل (٤-٢-١-٤-٢-٤) : ثالوس الفطر *Blastocladia*. حيث تظهر أشباه الجذر من أسفل ومن أعلى تظهر الأكياس الاسبورانجية ، ويلاحظ تكوين الأكياس الجديدة داخل الأكياس الفارغة .



شكل (٤-٢-١-٤-٣-٤) : الثالوس الجرثومي للفطر *Allomyces arbuscula* ويلاحظ وجود الجراثيم الساكنة



شكل (٤-٢-١-٤-٣-٥): الثالوس الجاميطي والأنثريدات (للخارج) والاورجونيات للداخل للفطر *Allomyces abusculus*

تسقط الحوافظ الساكنة الناضجة، حيث يتمزق غلافها الخارجي، يتبعه الداخلي، حيث تخرج الجراثيم السابحة meiospores والتي يسبق تكوينها حدوث انقسام اختزالي، تنبت هذه الجاميطات مكونة الطور الجاميطي gametophyte.

على الطور الجاميطي يتكون كلا النوعين من الأكياس الجاميطية gametangia (المذكرة والمؤنثة) ويظهر أحدهما فوق الآخر (شكل ٤-٢-١-٤-٣-٥). الحوافظ الجاميطية المذكرة أصغر حجماً من الحوافظ المؤنثة، ذات صبغة برتقالية هي صبغة جاما — كاروتين، أما الحوافظ الجاميطية المؤنثة فهي عديمة اللون. تخرج السابحات الذكرية المذكرة صفراء اللون، ذات السوط الخلفي قبل خروج السابحات المؤنثة، والسابحات الذكرية أصغر من السابحات المؤنثة حجماً من ٢,٥ – ٣ مرات، كما أنها أكثر منها حركة.

تفرز الحوافظ الجاميطية المؤنثة هرموناً أنثوياً هو السيرنين Sirenin وهو تربين ثنائي يعمل على جذب الجاميطات المذكرة. تقوم الجاميطة المذكرة بإخصاب المؤنثة بمجرد خروجها من الحافظة المؤنثة، وسرعان ما يحدث الإقتران النووي، واللاقمة الناتجة عن الإخصاب تصبح مزدوجة الأسواط، وهي الطور الوحيد ثنائي الأسواط في دورة حياة الكائن، واللاقحة لا تستجيب لهرمون السيرنين. عندما تصل اللاقحة للوسط الغذائي المناسب، تتحوصل لتعيد تكوين الطور الجرثومي.

ومثالاً على هذا النمط من دورة الحياة النوع *Allomyces javanicus*، تنمو أفراد هذا النوع جيداً على وسط آجار الشوفان، وعلى غيره من الأوساط، لذلك، فقد درست فسيولوجية هذا الجنس دراسة مستفيضة في العديد من المعامل. وقد وجد أن معاملة الحوافظ الساكنة بمادة الكولشيسين، ذات المقدرة على تضاعف الكروموسومات تؤدي لإنتاج جراثيم سابحة ثنائية المجموعة الكروموسومية، وهذه بنموها تعطي الثالوس الجرثومي وليس الثالوس الجاميطي.

شكل رقم (٤-٢-١-٤-٣-٦) : الفطر *Allomyces arbusculus*

A) جراثيم سابحة (أحادية الصبغيات)

B) ميسليوم جاميطى حديث عمره يوم واحد

C) ميسليوم جرثومى عمر ١٨ ساعة

D) ميسليوم جرثومى عمر ٣٠ ساعة

E) حوافظ جاميطية على قمة التفرعات للثالوس الجاميطى

F) الأكياس الساكنة والأكياس الجرثومية

G) انبثاق الجاميطات

ومن ناحية أخرى، تؤدى إضافة المضاد الحيوى اكتيديون للوسط الغذائى، حيث ينمو الطور الجرثومى للنوع *A. arbusculus* لتكوين أفراداً تحمل أكياساً جاميطية. كذلك، فقد أمكن تغيير النسبة الجنسية على الطور الجاميطى، وذلك باستخدام المواد التى تغير النسبة بين DNA , RNA. فزيادة نسبة DNA تؤدى لزيادة الأكياس الجاميطية المذكرة، ويوضح شكل (٤-٢-١-٤-٣-٦) دورة حياة النوع *A. arbusculus* . أمكن كذلك التهجين بين الأنواع بعضها البعض، وقد وجد أن النسل الناتج عن التهجين يختلف عن الأبوين فى الكثير من الصفات منها النسبة الجنسية. ومن الحقائق المثيرة ما وجد من أن النوع *A. javanicus* والذى أمكن عزله من تربة جزيرة جاوا هو هجين للنوعين *A. arbusculus* *A. macrogynes*، وقد أمكن عام ١٩٠٤م إنتاج النوع *A. javanicus* معملياً بتهجين النوعين السابقين.

من أهم أنواع هذا الجنس النوع *A. anomalus* والنوع *A. arbusculus* والنوع *A. macrogynus* والنوع *A. moniliformis* والنوع *A. neomoniliformis* .

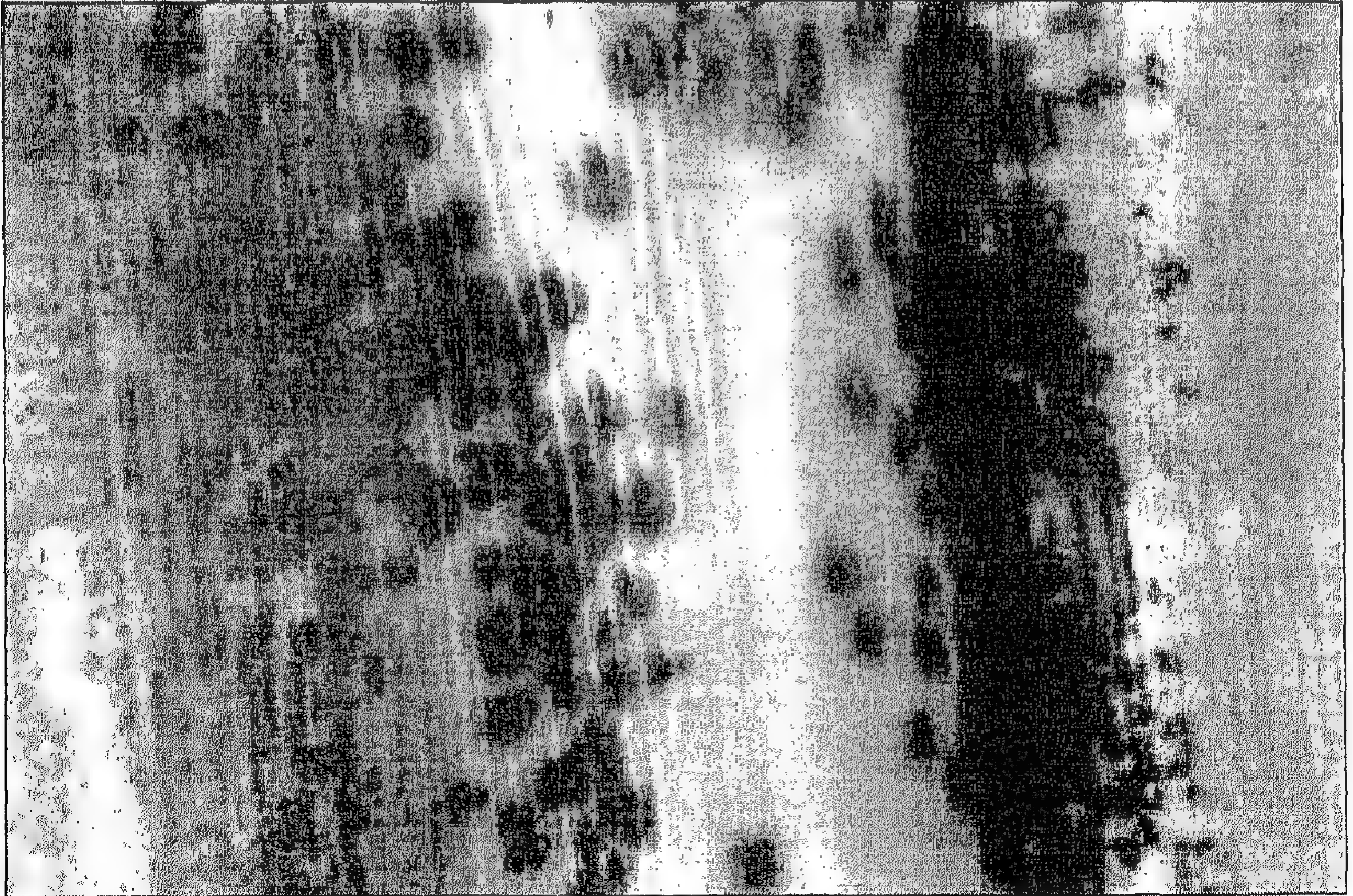
٤-٢-١-٤-٤ الفصيلة الفيزودرماتية

Family Rhysodermataceae

تضم هذه الفصيلة جنساً واحداً فقط هى الجنس *Physoderma* والذى يضم ما يزيد عن المائة نوع. أنواع هذا الجنس ذات قدرة تطفلية إمراضية على نباتات المستنقعات أو نباتات المناطق الجافة. لا يميز الجنس وجود الميسليوم الجذرى أو الخلايا المحتشدة فحسب، إنما تتميز بوجود ظاهرة تبادل الأجيال. درست بالتفصيل دورة حياة النوع *P. lycopi* المتطفل على نبات *Lycopus americanus*. فعندما تسقط جرثومة سابحة على سطح أوراق النبات أو ساقه، ترتدى جداراً، تعطى ميسليوم جذرى فى خلية البشرة، ثم

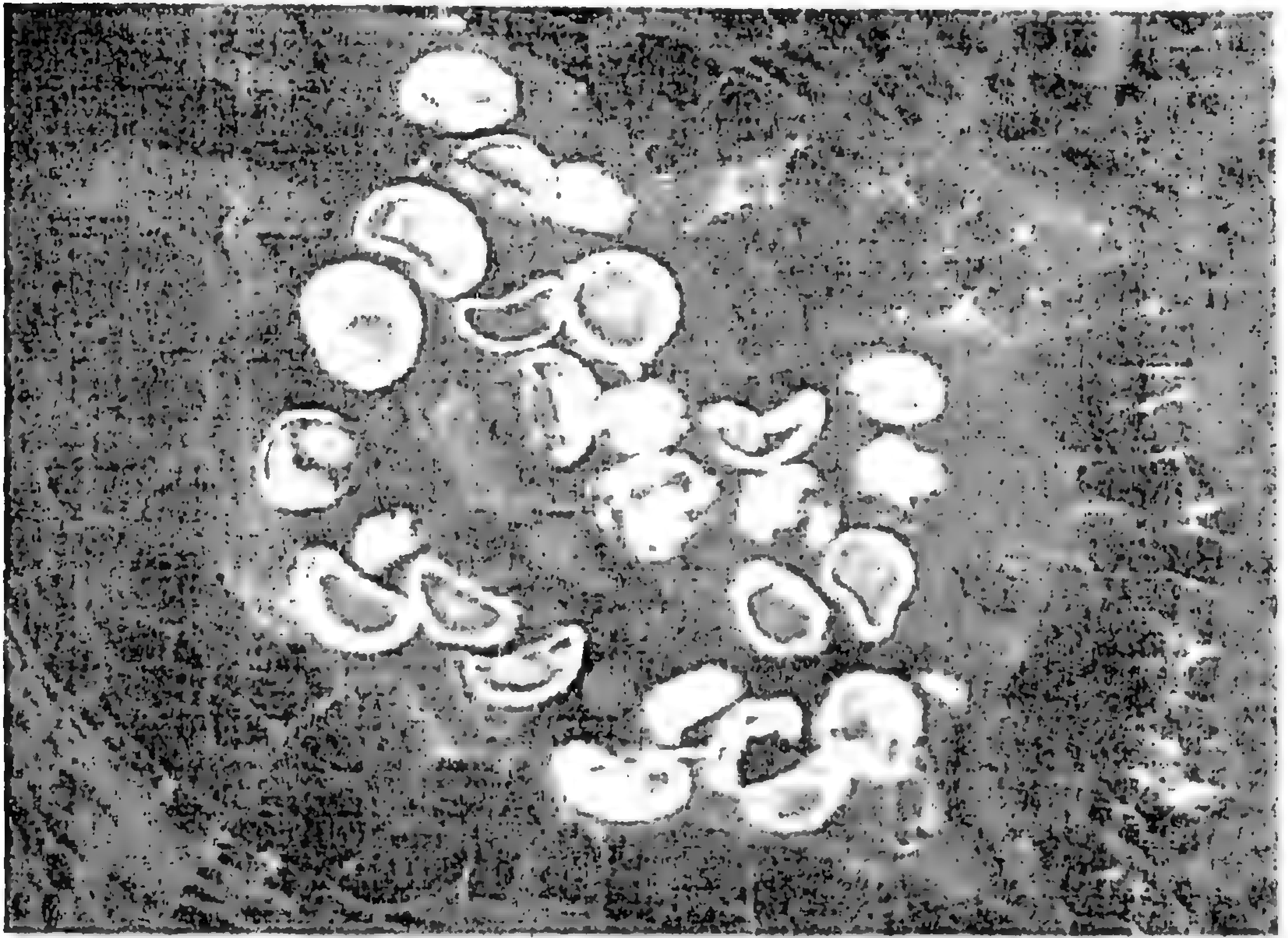
سرعان ما تتحول إلى حافظة جاميطية، تتحد الجاميطات الناتجة من حوافظ مختلفة (وهى متشابهة شكلاً) مع بعضها لتعطى اللاقحة، تقوم اللاقحة باختراق النبات العائل، وتنمو داخله لتعطى ميسليوم جذرى ذو خلايا محتشدة. وعلى نموات قصيرة من الخلايا المحتشدة. تتكون حوصلة عديدة الأنوية ذات جدار سميك، وهى بعد فترة سكون، وإنحلال هيفات الفطر ونسيج النبات العائل، تنبت هذه الحوصلات. يحدث الإنبات بتشقق الحوصلات، حيث تخرج المواد الداخلية فى صورة فقاعة رقيقة الجدار، تنطلق منها الجراثيم السابحة، وهذه تعيد تكوين الحوافظ الجاميطية.

من أهم أنواع هذا الجنس النوع *P. zeae maydis* المتطفل على نباتات الذرة، حيث تظهر أعراضه على شكل بقع بثرية منتشرة على الأوراق والساق (شكل ٤-٢-١-٤-٤-١).



شكل رقم (٤-٢-١-٤-٤-١) : أعراض إصابة نباتات الذرة بالفطر *P. zeae maydis*

عُرف هذا النوع لأول مرة فى الهند، ويعتقد أنه انتقل منها إلى أمريكا الشمالية، ثم انتشر إلى جنوب الولايات المتحدة الأمريكية. ثم ظهر عام ١٩٣٥ فى منطقة القوقاز. تحوى البقع البنية التى تتكون على النباتات المريضة جراثيم ملساء: بنية اللون سميكة الجدار (شكل ٤-٢-١-٤-٤-٢).



شكل رقم (٤-٢-١-٤-٤-٢) : جراثيم الفطر *P. alfalfa* فى أوراق النبات المصابة

يكون أحد جوانب الجرثومة مفلطحاً، حيث تشاهد الحدود الخارجية لغطاء تام التحديد. ويسمى هذا التركيب الغليظ الجدار "كيس جرثومى ساكن" يتفتح الغطاء عند

الإنبات، تبرز من الفتحة حوصلة رقيقة الجدار، تنفجر عند القمة، ينطلق منها جراثيم ذات سوط خلفي وحيد، تسبح لفترة، ترتدى جداراً، ثم تصيب خلية العائل، فتعطى ميسليوم جذرى، متفرع، يعطى تراكيب هى فى الواقع أكياس اسبورانجية، رقيقة الجدار، ينطلق من كل منها عند النضج خلال فتحة طرفية حوالى ٣٠٠ جرثومة مسوطة، أصغر كثيراً من تلك التى تنطلق من الحوافظ الساكنة وقد تعمل كأمشاج.

من أهم الأنواع ذات الأهمية الاقتصادية النوع *P. johnsii* والنوع *P. alfalfa* والنوع *P. allii* والنوع *P. citri* والنوع *P. fabae* والنوع *P. gibbosum* والنوع *P. trifolii*.

٤-٢-١-٥ رتبة المونوبليفاريدات

Order : Monoblepharidales

فى عام ١٨٧١م، كتب لأول مرة عن ثلاثة أنواع تابعة لجنس جديد، هو الجنس *Monoblepharis*، يحدث فيهم التكاثر الجنسى بواسطة الجراثيم البيضية. تضاعفت الدراسات حول هذا الجنس، الأمر الذى أدى إلى اكتشاف أنواع أخرى تابعة له، كما اكتشفت أجناس أخرى وثيقة الصلة هى جنس *Monoblepharella* , *Gonopodia*.

تعيش أنواع هذه الرتبة والذى يقدر عددها بحوالى ٢٠ نوعاً، كمترممات على الأجزاء النباتية، فى مجارى المياه العذبة، وعلى الأخص خلال فصلى الربيع والخريف على شكل نموات فقاعية مزغبة، يصعب كثيراً ملاحظتها فى الطبيعة. يمكن دراسة هذه الفطريات وتنميتها معملياً فى أحواض زجاجية، يتم فيها خلط نسب متماثلة من الماء المقطر المعقم وماء البرك العذب الذى يحوى أفرع أو أوراق بعض النباتات. تحفظ الأحواض على درجة ٨-١٥م. خلال بضعة أيام سوف يلاحظ ظهور نمو مزغب، رمادى شاحب، يصل طوله إلى حوالى ٢مم. تخرج الهيفات الميسليومية من فرع سميك، يثبت نفسه عن طريق

أشباه جذور. والفطر عادة يفضل استعمار أغصان البلوط والبتولا وبعض النباتات عريضة الأوراق، كذا على بعض الأشنيات الورقية، أو على أجساد الحشرات الميتة وغيرها.

تضم الرتبة ثلاثة فصائل هى الفصيلة المونوبليفاريدية Monoblepharidaceae وتضم جنساً واحداً هو الجنس *Monoblepharis* والفصيلة الجونوبودية Gonapodyaceae وتضم جنسين هما *Monoblepharella* و *Gonapodya* والفصيلة الثالثة أويدوجونيوميسيدية Oedogoniomycetaceae والتى تضم جنساً واحداً هو الجنس *Oedogoniomyces* وفيما يلى مفتاح مبسط لفصائل هذه الرتبة.

مفتاح مبسط لفصائل رتبة المونوبليفاريدات

١- الثالوس خيط غير متفرع، يلتصق بالطبقة التحتية عن طريق جذيرات، تترتب الأكياس الاسبورانجية فى تعاقب قاعدى معطية شكل حرف H، مترممات

Family Oedogoniomycetaceae.

- الثالوس يتمايز إلى هيفا جيدة التكوين، الثالوس يحمل عدة تراكيب تكاثرية، يتكاثر جنسياً بالجراثيم البيضية..٢

٢- تبدى اللاقحة فترة من الحركة قبل أن تتحوصل، مدفوعة بسوط الجاميطة المذكرة، قد توجد حواجز كاذبة، وقد لا توجد، بالحافظة البيضية بيضة واحدة أو أكثر

Family Gonapodyaceae

- تبقى التراكيب التكاثرية فى الحافظة البيضية أو تتحوصل على فوهة الحافظة البيضية، يتم ابتلاع الجاميطة المذكرة تماماً عند الإخصاب، لا يوجد بالميسليوم حواجز كاذبة.

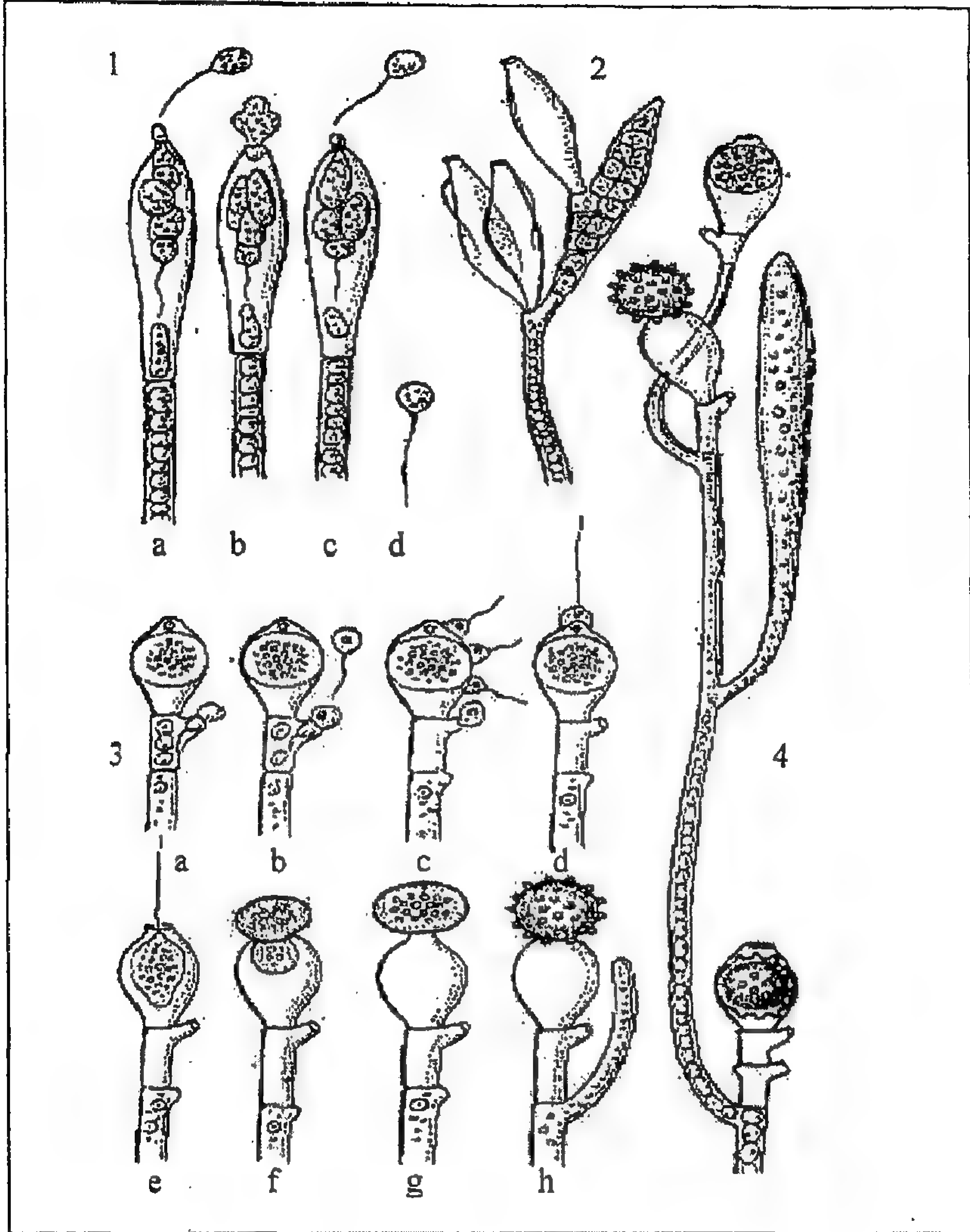
Family Monoblepharidaceae

تتباين درجة تطور أنواع هذه الرتبة طبقاً لدرجة نمو الثالوس، فالنوع *Monoblepharis macrandra*، جيد النمو، تمتد خيوطه بكثافة على المادة الغذائية. أما غيره من الأنواع، فضعيفة النمو، صغيرة الحجم، قصيرة الهيفات، يعطى هذا النوع على درجة ٨-١١°م، أكياساً اسبورانجية اسطوانية طويلة فى نهاية أطراف الهيفات، يتميز داخله صف من جراثيم بيضاوية الشكل مسوطه، وهذه تخرج من ثقب يظهر فى قمة الكيس الاسبورانجى، الجراثيم فى البدء بطيئة الحركة، أميبية غالباً، تتلكأ حول فتحة الكيس، ثم تبدأ فى السباحة مبتعدة، وعندما تسقط على الوسط المناسب، تسكن، تتحوصل، ثم تنبت مباشرة من كلا نهايتها مكونة شبه جذر وهيفا ثالوسية.

عندما يفرغ الكيس الاسبورانجى محتواه، ينشأ كيس آخر داخل جدار الكيس الفارغ.

وفى حالات أخرى، يتكون فى قمة الهيفا كيس آخر، يزيح الكيس الفارغ جانبا وعلى ذلك، فعلى الثالوس الواحد تتكون عدة أجيال من الجراثيم السابحة (شكل ٤-٢-٥-١). تتكون الحافظة البيضية على الثالوس فى نطاق حرارى ٢٠-٢١°م، كما تتكون الانثريدات وغالباً ما يتوضعا فوق بعضها. الحافظة البيضية مستديرة الشكل تحوى خلية بيضية واحدة داخلها. وفى عضو التذكير (الأنثريديوم) يتكون من ٤-٨ سابحة ذكرية، وفى النوع *M. insignis* يتكون داخل الأنثريديوم ٢٤-٣٢ سابحة ذكرية.

السابحة الذكرية تشبه الجرثومة السابحة، أصغر حجماً، ذات حركة أميبية واضحة، تسبح السابحات الذكرية مندفعة إلى الحافظة البيضية، والتى يظهر على سطحها من القمة ممص. تفرز الحافظة البيضية فى الوسط المحيط فورمونات تعمل على جذب السابحات الذكرية، إحداها ينجح فى دخول الحافظة البيضية ويتحد مع خلية البيضة.



شكل رقم (٤-٢-٥-١) الجنس *Monoblepharis*

١) التكاثر اللاجنسى a-d) الأكياس الاسبورانجية وخروج الجراثيم السابحة

٢) التفرع الكاذب المحور لحوامل الأكياس الاسبورانجية

٣) التكاثر الجنسى a,b,c، الحافظة البيضية وخلية البيضة والحوافظ الأنثريدية وخروج السابحات الذكرية، d,e اختراق السابحة الذكرية للحافظة البيضية، f,g,h، خروج البيضة الملقحة من الحافظة البيضية وتكوين الجرثومة البيضية .

٤) جزء من الثالوس حاملاً الأعضاء الجنسية. والجراثيم البيضية خارجية وداخلية التكوين.



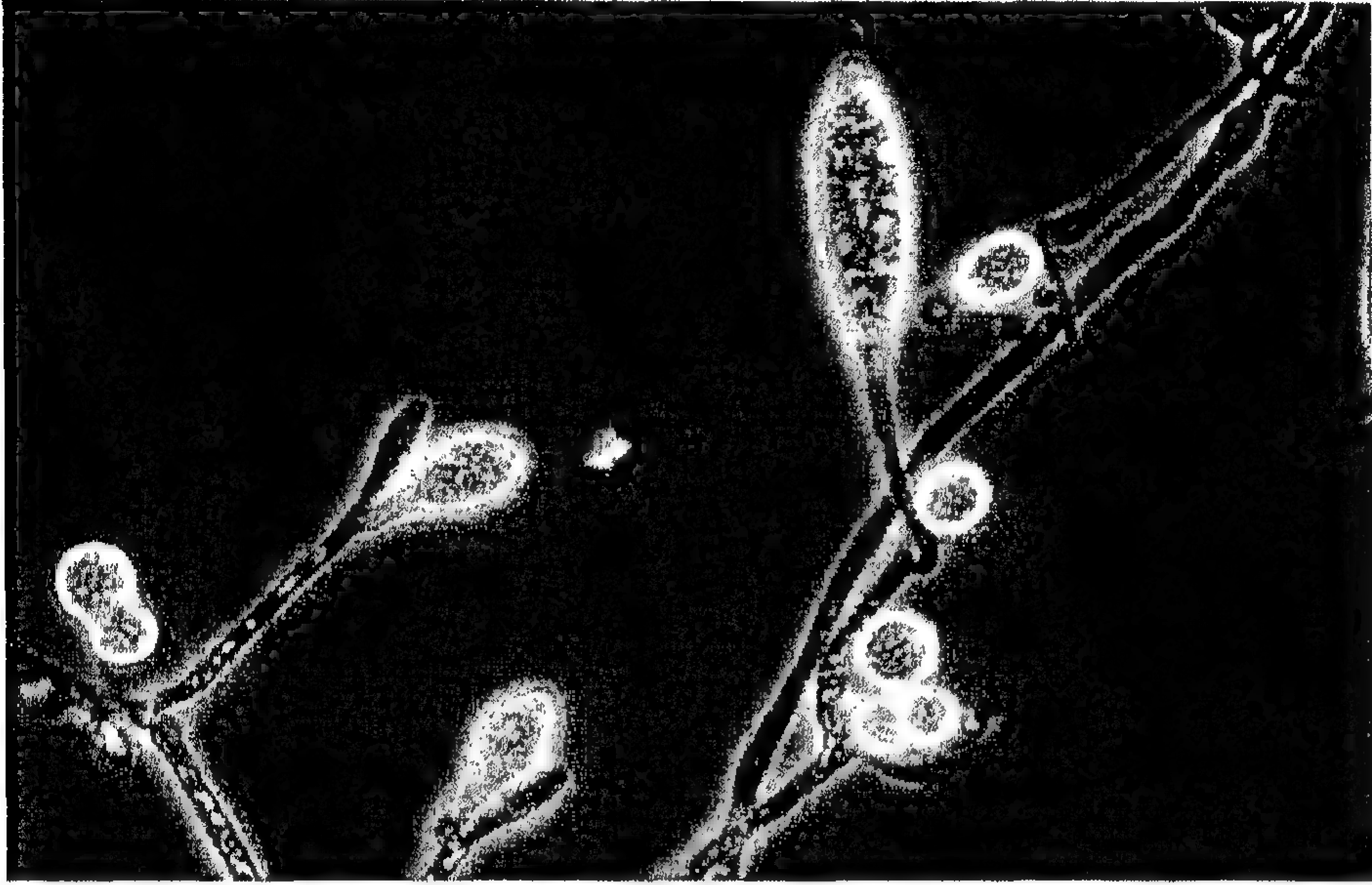
بعد أن تخصب خلية البيضة، تصبح أكثر كثافة، ثم تتحرك في اتجاه قمة الحافظة البيضية، في غالبية الأنواع، حيث الحوافظ البيضية طرفية، تخرج البيضة الملقحة من قمة الحافظة، حيث تحاط بجدار من عدة طبقات، داكن اللون، وتتحول إلى جرثومة بيضية ساكنة.

أما الأنواع ذات الحافظة الأنثريدية الطرفية، فتبقى الجرثومة البيضية داخل الحافظة البيضية.

تحتوى الجرثومة البيضية الناضجة على نواة واحدة، نشأت من إندماج نواتي خلية البيضة والسابحة الذكرية. تنبت الجرثومة البيضية بتكوين ميسليوم يخرج من شق في جدار الجرثومة، ومن العلامات الفارقة في هذه الرتبة هو إمكانية تكوين الجرثومة البيضية بدون إخصاب خلية البيضة (بكريا) parthenogenesis. من أهم الأنواع النوع *M. micrandra* والنوع *M. tholassinosus* . ينتمي الجنس *Monoblepharella* للفصيلة الجونوبودية، وقد عرف أو مرة عام ١٩٤٠م يمكن عزل الفطر من تربة البلاد الدافئة. فإذا ما أخذ جزء من التربة ووضع في دورق يحتوى ماء به بعض الأجزاء النباتية، يلاحظ ظهور ثالوس الأنواع *M. taylori* والنوع *M. regignens* والنوع *M. ovigera* تظهر الأكياس الاسبورانجية في نطاق ١٣ – ٣٦°م، وتتكون الأعضاء الجنسية في نطاق ٢٦–٣٢° م. في الغالب تتكون الأكياس الاسبورانجية والحوافظ البيضية على نفس الثالوس (شكل ٤–٢–٥–٢).

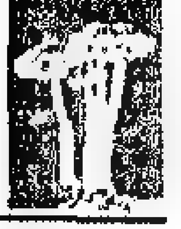
تظهر الأكياس الاسبورانجية أولاً على أطراف الخيوط، وتتكون الأكياس الاسبورانجية التالية جانبياً، وتنطلق الجراثيم السابحة، كما شوهد في الجنس *Monoblepharis* . درس التركيب الدقيق للجراثيم السابحة بصورة تفصيلية، فقد لوحظ تركز الريبوسومات بجوار النواة مباشرة، وتبرز الشبكة البلازمية الداخلية خلال ذلك العنقود الريبوسومي،

إلا أن الريبوسومات لا تحيط بالأغشية كما فى حالة البلاستوكلا ديالات، كما لوحظ وجود تركيب أطلق عليه rumpossome، وهو تركيب معقد يتألف من تداخل أنيبيبات ويوجد مباشرة ملاصقاً لغشاء الجرثومة فى النهاية الخلفية لها.



شكل (٤-٢-٥-٢) : *Monohlepharella* sp. الثالوس ذو الانثريدات والأووجونيات (الأجسام الكروية قد تكون جراثيم بيضة ناضجة)

يكمن الاختلاف بين أنواع جنس *Monoblepharella* وأنواع جنس *Monoblepharis* فى : ١) فى أنواع جنس *Monoblepharella* يتكون داخل الحافظة البيضية الواحدة عدة خلايا بيضية ؛ ٢) بعد إخصاب خلية البيضة بواسطة السابحة الذكرية، تخرج الخلية المخصبة من الحافظة البيضية وتسبح لفترة فى الماء بواسطة سوط السابحة الذكرية، وبعد فترة من السباحة، تتوقف، ثم يختفى السوط، وتحيط نفسها بجدار سميك وتتحول اللاقحة إلى جرثومة بيضية، وهذه تبقى ساكنة لفترة طويلة، وقد أمكن معملياً إنبات جراثيم بيضية حفظت لمدة ٤ أعوام فى ظروف الجفاف.



كتب عن الجنس *Gonapodya* لأول مرة كنوع ينتمى للجنس *Monoblepharis* وهو النوع *M. prolifera*، حيث يوجد مغموراً فى الماء على الأجسام العالقة. الثالوس كبير الحجم. ويمكن مشاهدة فطريات هذا الجنس على الثمار وعلى الأخص ثمار التفاح وغيرها.

يظهر ميسليوم هذا الفطر رمادى أو داكن اللون، ويبدو الميسليوم ذو اختناقات واضحة، وتتكون الأكياس في قمة الخيط، كما تتكون في سلاسل (شكل ٤-١-٥١). قد يحدث أن تتكون أكياس جرثومية جديدة داخل الأكياس الفارغة، وفى هذا الجنس يلاحظ زيادة عدد الجراثيم السابحة وكذا عدد الأكياس الاسبورانجية عن غيرها من أجناس هذه الرتبة. وفى النوع *G. silignaeformis* يتكون أكثر من ٥٠ جرثومة بالكيس (شكل ٤-٢-٥-٣) فى الحافظة البيضية تتكون عدة خلايا بيضية، وقد تصل إلى ٢٠، وهذه تخصب أما داخل الحافظة أو خارجها، ذلك أن خلية البيضة تستطيع الخروج من الحافظة. تبدأ خلية البيضة الملقحة فى الحركة الأميبية، ثم تستمر بواسطة سوط السابحة الذكرية، وبعد ٣-٤ ساعات من السباحة تتوقف، تحيط نفسها بجدار وتتحول إلى جرثومة بيضية ملساء داكنة اللون.

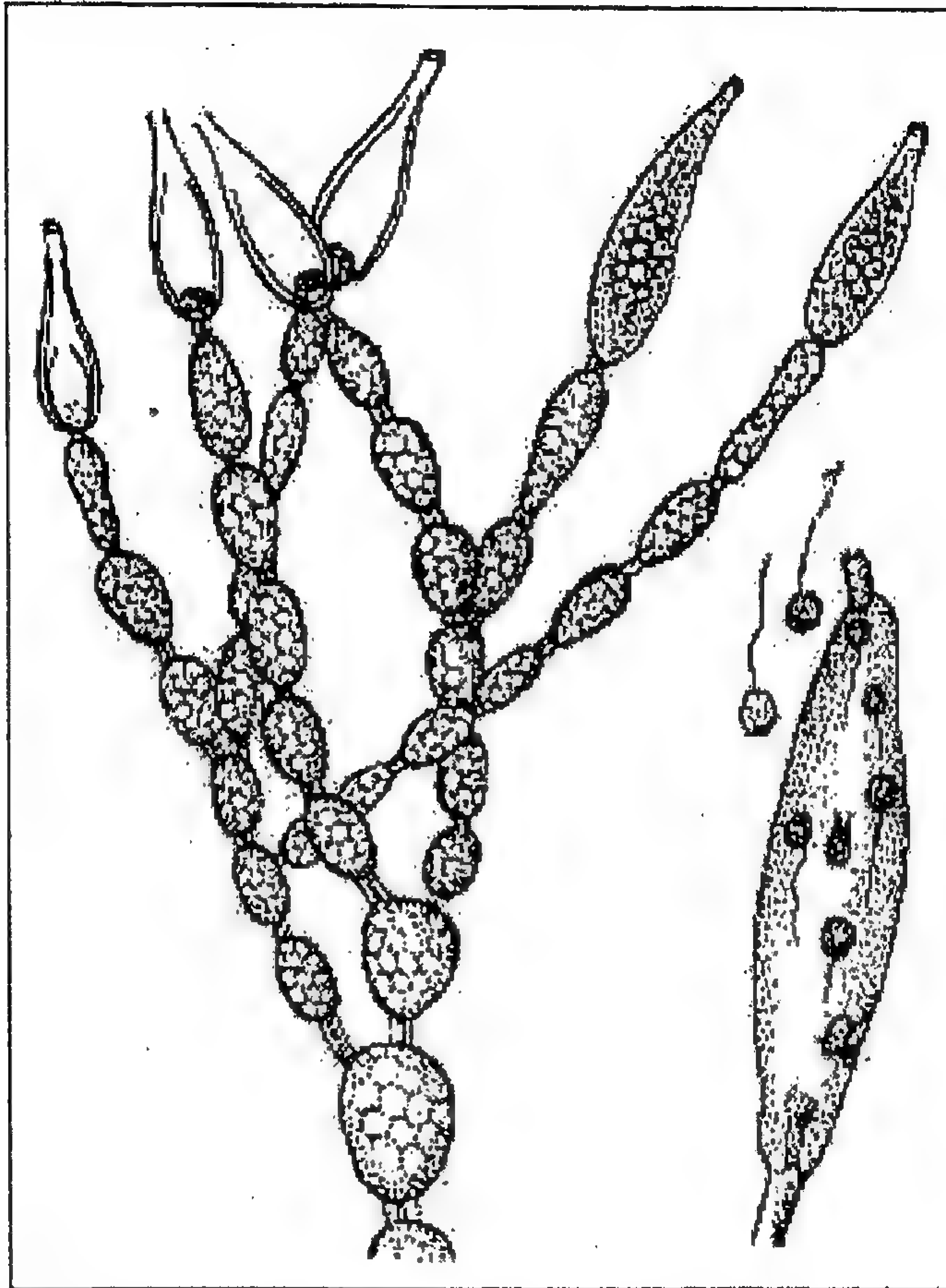
طبقاً لدورة الحياة، ودرجة تطور الثالوس فى هذه الرتبة، يلاحظ قربها من رتبة البلاستوكلاديات، إلا أنه يوجد بينهما اختلافات واضحة منها:

١) جدار هيفا البلاستوكلاديات يعطى تفاعل الكيتين ولا يحوى السليولوز، أما فى المونوبليفاريدات فيحوى جدرها الكيتين والسليولوز (باستثناء الجنس *Gonapodya*).

٢) التكاثر الجنسى فى البلاستوكلاديات يتم بإقتران الجاميطات المتشابهة أو المتباينة، أما فى الموندبليفاريدات فيتم بالجراثيم البيضية.

٣) فى البلاستوكلاديات تنبت اللاقحة مباشرة بدون الدخول فى فترة كمون، وفى الثانية تكمن الجرثومة البيضية، ثم تبدأ فى إعطاء الثالوس أحادى الصبغيات.

٤) توجد فى البلاستوكلاديالات ظاهرة تبادل أجيال وتغيب تماماً فى المونوبليفاريدات.



شكل (٤-٢-٥-٣) : الجنس *Gonapodya* منظر عام للثالوس، الكيس الاسبورانجى الطرفى والجراثيم السابحة .

من خلال المناقشة السابقة، يمكن إفتراض أن نشأة كلاً من الرتبتين تم عن طريق سلف مشترك، وذلك لتشابه الوسط بينهما، إلا أنه فى المراحل التطورية التاليـة سـار كـل منهمـا فى طريقه بعيداً عن الآخر. ومن ناحية أخرى يفترض أن البلاستوكلاديات أعطت البدايات الأولى للمونوبليفاريدات، إلا أنه من الصعب وضع تقييم دقيق حول هذه النقطة، على الأقـل فى الوقت الراهن.

النشأة والارتقاء : Phylogeny للكيتريدات

كما سبق الحديث عن شعبة *Chytridiomycota* من أنها تضم خمسة رتب والتى تتميز بإنتاج خلايا تكاثرية سابحة، ذلك لأنها نموذجياً ذات سوط وحيد خلفى. ومن الناحية التقسيمية فقد رأى بعض المشتغلين بعلوم النشأة التطورية أنها ضمن الأوليات protests إلا أن الدراسات الفيللوجينية الحديثة أكدت انتمائها لمملكة الفطريات. ولأنها تنتج جراثيم سابحة عارية مسوطة فإنها تحتاج للماء لانتثارها، لذا تعد جميع مجاميع هذه الشعبة مائية المعيشة. كما أن التربة الرطبة تمد هذه الكائنات بما تحتاجه من ماء، لذا فإنها تتواجد بالتربة وكذا الماء الجارى.

بالنظر إلى ما سبق أن أوضحناه، فإن الكيتريدات ذات ثالوس يتراوح من حافظة ببسيطة إلى ميسليوم، إلا أن ثالوسات أغلب الأنواع تظهر بضعة خواص شكلية أمكن بها بناء تقسيم سلفي. مثل هذا الثالوس شائع فى أجناس مختلفة ورتب وكذا الشعب. وعلى ذلك، فلا نتوقع أن كثير من الصفات والتى بني عليها التقسيم التقليدى قد اتضح أنها غير معلوماتية أو متضاربة.

خلال سبعينيات وثمانينيات القرن الماضى أجريت الكثير من الدراسات على التركيب فائق الدقة للجراثيم السابحة. وقد أدت هذه الدراسات لنمو إحساس أن هذه الخواص ثابتة، وهكذا تصبح الدراسات السلفية أكثر إقناعاً عن الخواص الشكلية للثالوس.

تميز الآن رتبة الكيتريديالات على أسس الخواص فائقة التكبير للجراثيم السابحة فكما سبق أن أوضحنا أن تحليل خواص الجراثيم أدى لفصل رتبة جديدة عن Order Chytridiales وهى رتبة Spizellomycetales، كما تم رفع الفصيلة التى تحتوى الفطريات المستوطنة للكرشى إلى رتبة Neocalliniastigales.

أغلب رتب الكيتريدات صغيرة، ويظهر التقسيم داخل الرتب بعض الصعاب، فداخل رتبة Chytridiales لا يوجد أساس مبني على النظام الفيللوجيني لكل من الأجناس والفصائل. ويعتمد تقسيم هذه الرتبة على وجود أو غياب الغطاء للكيس الاسبورانجي، والتركيب الذى يشبه الجفن للكيس الذى يغطى مكان خروج الجراثيم ودرجة تطور الثالوس. وقد تم استنتاج من الخواص فائقة التكبير للجراثيم السابحة أن كثير من الفصائل والأجناس متعددة الأصول. ولتجنب الكثير من اللبس فى تقسيم الكيتريدات، فقد أجرى Timothy Y. James et al (٢٠٠٠م) دراسة جزيئية لمجموعة كبيرة من الكيتريدات وغيرها من الفطريات وذلك لتحديد أواصر القربى بينهم. فى هذه الدراسة تم تعقب ترتيب النيوكليوتيدات فى تحت الوحدة الصغرى المشفرة لتحت الوحدة الصغيرة للريبوسوم ssu rDNA، وثم تصفيف ما تحصل عليه من تعاقبات لاحدى وستون فطر كيتريدى أظهرت وجود ٣٠٥ موقع معلوماتى إفتراضى. ويوضح شكل (م-١) لاحتمال الأغلب لـ ١٠٨٠ إنشاءات افتراضية. أثبتت الرتب Neocallimastigales و Blastocladiales و Monoblepharidales أنها وحيدة الأصول. وداخل رتبتى Spizellomycetales و Chytridiales توجد عدة مجاميع فرعية. ويفترض الشكل العام للشجرة أن الكيتريدات أما أنها ليست وحيدة الأصل أو أنه قد حدثت انحرافات لغمامات داخل الرتبة، وأن هذه الانحرافات كانت كبيرة حتى أن نتائج البيولوجيا الجزيئية لم تحلها.

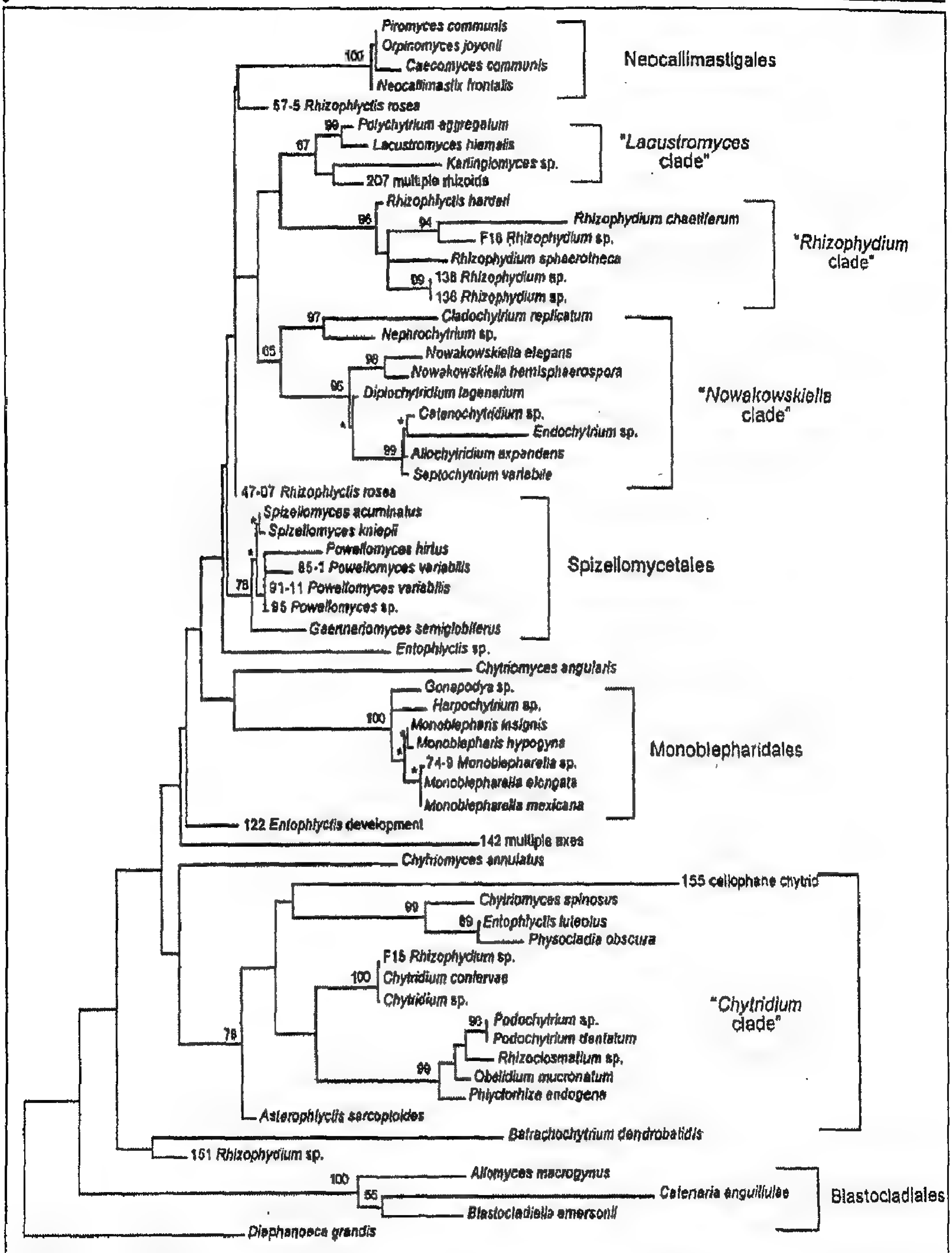
إلا أنه بإجراء التحليل طبقاً لنموذج الاحتمالية القصوى (شكل م-٢) Maximum likelihood model كان أكثر احتمالية عن الشجرة الافتراضية، إلا أن الشجرة المصممة بناءاً على الاحتمال الأقصى كانت أطول بأربعة عشر خطوة عن الشجرة المصممة على أبسط الافتراضات. وترجع الاختلافات أساساً فى الترتيب خلال الغمامات

جيدة الدعم وفى موقع الغمامات المقابلة للفريعات القصيرة. والشجرات المصممة من التحليلين ثبت إحتوائها على غمامات وحيدة الأصل داخل الكيتريدات: أحدهما فى الكائنات الشبيهة بالكيتريديوم *Chytridium*-like organisms وهو غمامة Chytridium والثانية هى *Rhizophydium*-like organism والثالثة هى غمامة *Nowakwskiella* clade والرابعة غمامة *Lacustromyces* clade شكل (م-١،و م-٢).

وقد أظهرت جميع الأشجار المصممة على التلازم الارتباطي بين *Lacustromyces* clade مع *Rhizophydium* clade وجود خط وحيد الأصل، توضح شجرة (شكل م-٢) أن *Nowakwskiella* clade تتحد مع *Lacustromyces* clade و*Rhizophydium* clade لتشكل وحدة الأصل. وفى كلتا التحليلين فإن غمامة Chytridium clade تبدو قاعدة داخل غمامة تحتوى أغلب الكيتريديوميكوتات باستثناء رتبة Blastocladiales ثبت وجود الغمامات الأربع عندما حللت التتابعات فى الكيتريدات منفصلة مع أقصى الفروض (شكل م-٣)، فقد أظهرت شجرة الكيتريدات مرة ثانية عدم التأكد حول العلاقات فى الأصول الرئيسية الأربعة، ذلك أنها لا تأخذ نفس الترتيب فى الأشجار (١، ٢، ٣). وقد انبثقت الشجرة الكيتريدية أساساً من دراسة تطور الخواص الشكلية.

Piromyces communis
Orpinomyces joyonii
Caecomyces communis
Neocallimastix frontalis
Neocallimastigales
Polychytrium aggregatum
Lacustromyces hiemalis
Karlingiomyces sp.
207 multiple rhizoids
"Lacustromyces clade"
Rhizophlyctis harderi
Rhizophydium chaetiferum
F16 Rhizophydium sp.
Rhizophydium sphaerotheca
136 Rhizophydium sp.
136 Rhizophydium sp.
"Rhizophydium clade"
Spizellomyces acuminatus
Spizellomyces kniepii
Powellomyces hirtus
91-11 Powellomyces variabilis
95 Powellomyces sp.
85-1 Powellomyces variabilis
Gaertneriomyces semiglobiferus
57-5 Rhizophlyctis rosea
47-07 Rhizophlyctis rosea
Spizellomycetales
Cladochytrium replicatum
Nephrochytrium sp.
Nowakowskiella elegans
Nowakowskiella hemisphaerospora
Diplochytridium lagenarium
Catenochytridium sp.
Septochytrium variabile
Allochytridium expandens
Endochytrium sp.
"Nowakowskiella clade"
Chytriomyces angularis
Gonapodya sp.
Harpochytrium sp.
Monoblepharis insignis
Monoblepharis hypogyna
Monoblepharella elongata
74-9 Monoblepharella sp.
Monoblepharella mexicana
Monoblepharidales
Entophlyctis sp.
122 Entophlyctis development
142 multiple axes
Batrachochytrium dendrobatidis
Chytriomyces annulatus
155 cellophane chytrid
Chytriomyces spinosus
Entophlyctis luteolus
Physocladia obscura
F15 Rhizophydium sp.
Chytridium confervae
Chytridium sp.
Podochytrium sp.
Podochytrium dentatum
Rhizoclosmatium sp.
Obelidium mucronatum
Phlyctorhiza endogena
"Chytridium clade"
Asterophlyctis sarcoptoides
151 Rhizophydium sp.
Allomyces macrogynus
Catenaria anguillulae
Blastocladiella emersonii
Blastocladiales
Diaphanoeca grandis

شكل (م-١) : التطور المفترض لشعبة الكيتريديوميكوتا والشجرة الموضحة ذات أقصى درجات الاحتمالية لعدد ١٠٨٠ شجرة افتراضية. وقيم الأفرع الجانبية تزيد عن ٦٠٪ توضح "النجوم" العقد القصيرة الداخلية والتى تزيد عن ٦٠٪ إحتمالية، الأفرع الموضحة بالخطوط الغليظة وجدت فى ١٠٨٠ تصميم شجيرى.



شكل (م-٢) : تصميم نشأة الفطريات الكيتريدية باستخدام طريقة الأرجحية القصوى، قيم الإنشاء حيث من ١٠٠ مكرر، وقد أوضحت فقط القيم التي تزيد عن ٦٠٪ أرجحية.

العلاقة بين الكيتريديوميكوتا وغيرها من الفطريات :

بسبب الترتيب متوازى الأصول لرتبتى Monoblepharidales, Blastocladiales، فإن شعبة Chytridiomycota لا يبدو أنها وحيدة الأصل (شكل م-٤). وتعد رتبة Blastocladiales من الرتب مشكوكة القرابة للكيتريدات، ذلك لأن نتائج التحليل الجزيئى أوضحت أنها ذات أصل مستقل عن الفطريات ذات الجراثيم السابحة.

جذب الفطر *Basidiobolus ranarum* وهو الفطر الزيجى فى رتبة Basidiobolales الاهتمام وذلك بسبب قربه النشوئ بالفطريات الكيتريدية، وأحد هذه الأسباب هو وجود العضية المصاحبة للنواة Nucleus-Associated Organelle (NAO) الأنيبيبية، حيث وجد NAO في نوعين لجنس *Basidiobolus*. هذا الجنس هو الجنس الوحيد من الفطريات المكونة للجراثيم الغير سابحة الذى عرف أنه يحتوى على NAO. وبالرغم من أن NAO للفطر *Basidiobolus* يحتوى اسطوانة من ١١-١٢ خيط أنيبيبي مفرد وأن السنتربول للكيتريدات يتركب من ٩ ثلاثيات، فإن وجود الأنيبيبيات فى التركيب يدعو لافتراض وجود تجانس بينهما.



Taxon	Development	Operculum	Rumposome	Root
Polychytrium aggregatum[1]	P	i	N	G
Lacustromyces hiemalis[2]	P	i	N	G
207 multiple rhizoids				
93 *Karlingiomyces* sp.[1]	N	O	Y	G
Rhizophlyctis harderi[3]	N	i	Y	C
Rhizophydium sphaerotheca[4]	N	i	Y	L
Rhizophydium chaetiferum[1]	N	i	Y	
F16 *Rhizophydium* sp.	N	i		
138 *Rhizophydium* sp.	N	i		
136 *Rhizophydium* sp.[1]	N	i	N	C
Entophlyctis sp.	X	i		
122 *Entophlyctis* development[1]	X	i	Y	
142 multiple axes	N	i		
Batrachochytrium dendrobatidis[5]	N	i	N	P
151 *Rhizophydium* sp.	N	i		
Chytriomyces annulatus	N	O		
Asterophlyctis sarcoptoides[1]	X	i	Y	
155 cellophane chytrid	N	i		
Chytriomyces spinosus[1]	N	O	Y	
Entophlyctis luteolus[6]	X	i	Y	C
Physocladia obscura	P	i		
F15 *Rhizophydium* sp.	N	i		
Chytridium confervae[7]	N	O	Y	C
Chytridium sp.	N	O		
Podochytrium sp.	N	i		
Podochytrium dentatum[8]	N	i	Y	C
Rhizoclosmatium sp.[7]	N	i	Y	C
Obelidium mucronatum[1]	N	i	Y	
Phlyctorhiza endogena	X	i		
Cladochytrium replicatum[9]	P	i		
Nephrochytrium sp.[1]	X	O	Y	R
Nowakowskiella elegans[10]	P	O	Y	R
N. hemisphaerospora	P	O		
Diplochytridium lagenarium	X	O		
Catenochytridium sp.[11]	X	O	Y	R
Septochytrium variable	P	O		
Allochytridium expandens[12]	X	O	Y	R
Endochytrium sp.	X	O		
Chytriomyces angularis[13]	N	O	N	A
Monoblepharella elongata	P	i	Y	

I II III IV

شكل (م-٣) : رؤية دقيقة لأغلب ستة أشجار افتراضية لأفراد الكيتريديالات Monoblepharella elongate (كمجموعة منفصلة). الغمامات التي تلاحظ في الأشجار الفيللوجيتية في الأشكال (م-١) و (م-٢) قد علمت في ما يقابل الغمامات I) – غمامة *Lacustromyces*، II غمامة *Rhizophydium* – III غمامة *Chytridium* ؛ IV غمامة Nowakowskiella التخريط داخل الشجرة هي تمثيل لخواص الثالوس، درجة التطور (N، داخلي) X خارجي، P متعدد المراكز) والغطاء (I، بدون غطاء ؛ D، ذو غطاء للكيس الاسبورانجي)، واثنان لمثلي التراكيب فائقة الدقة : وجود rumposome (Y و يوجد N، لا يوجد) ونوع الأنبيب الجذري يوجد في بعض الأنواع أكثر من جذر واحد وتعني "جذر" هنا للجذور الانيبيبة الدقيقة، حيث في الكيتريديالات تنشأ قريباً من ٩-٢ للجسم المحرك ؛ G مجموعة غير منتظمة للأنيبيبات تنشأ بين اثنان من الثلاثيات ذات الإنغمادات ؛ L، ١-٧ أنيبيبات في الصف المفرد، أحدهما فوق الآخر وينفصل عنه ؛ P مجموعة من الأنيبيبات المنفصلة تمتد موازية مع جانب الجسم المحرك ؛ C حبل (عادة ٦-٨) أنيبيبات بدون مسافة بين الأنيبيبات، R حبال من الأنبيبات (١٠ لأكثر من ٢٠)، ليست في تلامس مباشر مع بعضها البعض، ولكنها ترتبط بألياف، A لا يوجد جذر أنيبيبي أولى.

نشأة الكيتريديوميكوتا :

بالرغم من الافتقار لحلول لنقاط التفرع الأساسية داخل الكيتريدات، فإن علم النشأة الجزيئى قادراً على أن يجمع أنواع الكيتريدات فى غمامات محددة (شكل م-١). وقد أدى التحليل الفيللوجينى للكيتريدات إلى تدعيم وحدة النشأة لرتب Monoblepharidales, Blastocladiales , Neocallimastigales ولم يستبعد الأصل الواحد لرتبة Chytridiales ورتبة Spizellomycetales. كما أن غمامات تحت الرتب داخل Chytridiales قد تم تدعيمها كذلك. وبالرغم من أن تحليل تتابعات ssurDNA عرفت غمامات ما فوق الرتب داخل الزيجوميسيتات والأسكومسيتات والبازيديومسيتات، فإن العلاقات ما بين الغمامات على مستوى الرتب فى الكيتريدات لم تحل. هذا النقص فى الحلول يمكن شرحه إما بحدوث التباين السريع فى الماضى، مما أدى لخلق نظام فيللوجينى يشبه النجمة Star-like phylogeny، وإما أن يرجع للمستويات الكبيرة للتطور المتجانس homoplasy فى ssurDNA للكيتريدات، بسبب أن المجموعة ذات أصل قديم. وفى المقابل، فإن انعدام الحلول فى قاعدة هيكل غمامة الكيتريدات قد يكون راجعاً لنقص المعلومات الفيللوجينية فى ssurDNA لمستوى تفرع الأصول.

يعتمد تقسيم الكيتريدات لمستوى الرتب على التركيب فائق الدقة للجراثيم السابحة، وبالتالى، فإن تأكيد وحدة أصول هذه الرتب يدعمه وحدة خواص الجراثيم السابحة فى التقسيم. وقد اقترح Barr (١٩٨٠ و ١٩٩٠) أن رتبة الكيتريدات قسمت عن طريق تجميع الأنواع التى تبدى نفس تحت النمط للجراثيم السابحة معاً. وقد اتفقت الغمامات الأربعة للكيتريدات والتى أنشأت بتحليل النتائج الجزيئية (شكل م-١و م-٢) مع الأنواع التى جُمعت معاً بسبب أنها تبدى خواص متماثلة للجراثيم السابحة. فالكيتريدات ذات

المجموعة I *Chytridium* فإن تحت نمط الجراثيم السابحة يوجد في غمامة *Chytridium* في الشجرة الجزيئية، وهؤلاء مع *Rhizophydium* أو مجموعة III يكون تحت نمط الجرثومة السابحة في غمامة *Rhizophydium* وتلك التي توجد في تحت نمط الجراثيم السابحة *Nowakowskiella* تكون في غمامة *Nowakowskiella*. النوع *Lacustromyces hiemalis* هو العضو الوحيد في غمامة *Lacustromyces* وهو يتماثل مع النوع *Polychytrium aggregatum* , *Karlingiomyces* sp. في نمط الجراثيم السابحة.

أثبتت الدراسات فائقة التكبير للنوع *Chytriomyces angularis* والنوع *Batrachochytrium dendrobatidis* تماثل تحت نمط الجراثيم السابحة وأنهما متفردان بسبب إحتواء الجراثيم على توليفات لا توجد فيما وصف من جراثيم. كما أثبتت الجراثيم السابحة للأنواع *Chytridium lagenarium* , *S. macrosporum* , *Synchytrium endobioticum* , *Zygorhizidum spp.* , *Polyphagus euglenae* , *Rhizophydium planktonicum* خواصها المتفردة. وقد تؤدى الدراسات التحليلية الجزيئية المتعمقة إلى فصل رتبة الكيتريديالات إلى عدة رتب وذلك من أجل الوصول لأصل كل منها.

مراجع للاستزادة

- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W., and Blackwell, M. 1996. Introductory mycology. 4th ed. John Wiley & Sons, New York.
- Barr, D.J.S. 1969. Studies on *Rhizophydium* and *Phlyctochytrium* (Chytridiales). I. Comparative morphology. Can. J. Bot. 47: 991–997.
- Barr, D.J.S. 1978. Taxonomy and phylogeny of chytrids. BioSystems, 10: 153–165.
- Barr, D.J.S. 1980. An outline for the reclassification of the Chytridiales, and for a new order, the Spizellomycetales. Can. J. Bot. 58: 2380–2394.
- Barr, D.J.S. 1981. The phylogenetic and taxonomic implications of flagellar rootlet morphology among zoosporic fungi. BioSystems, 14: 359–370.
- Barr, D.J.S. 1986. *Allochytridium expandens* rediscovered: morphology, physiology and zoospore ultrastructure. Mycologia, 78: 439–448.
- Barr, D.J.S. 1988. How modern systematics relates to the rumen fungi. BioSystems, 21: 351–356.
- Barr, D.J.S. 1990. Phylum Chytridiomycota. *In* Handbook of Protoctista. *Edited by* L. Margulis, J.O. Corliss, M. Melkonian, and D.J. Chapman. Jones & Bartlett, Boston. pp. 454–466.
- Barr, D.J.S. 1992. Evolution and kingdoms of organisms from the perspective of a mycologist. Mycologia, 84: 1–11.
- Barr, D.J.S., and Désaulniers, N.L. 1986. Four zoospore subtypes in the *Rhizophlyctis–Karlingia* complex (Chytridiomycetes). Can. J. Bot. 64: 561–572.
- Barr, D.J.S., and Hadland-Hartmann, V.E. 1978*a*. The flagellar apparatus in the Chytridiales. Can. J. Bot. 56: 887–900.



↬ Barr, D.J.S., and Hadland-Hartmann, V.E. 1978*b*. Zoospore ultrastructure in the genus *Rhizophydium* (Chytridiales). Can. J. Bot. 56: 2380–2404.

↬ Barr, D.J.S., and Hartmann, V.E. 1976. Zoospore ultrastructure of three *Chytridium* species and *Rhizoclosmatium globosum*. Can. J. Bot. 54: 2000–2013.

↬ Barr, D.J.S., Désaulniers, N.L., and Knox, J.S. 1987. *Catenochytridium hemicysti* n. sp. morphology, physiology and zoospore ultrastructure. Mycologia, 79: 587–594.

↬ Beakes, G.W., Canter, H.M., and Jaworski, G.H.M. 1988. Zoospore ultrastructure of *Zygorhizidium affluens* and *Z. planktonicum*, two chytrids parasitizing the diatom *Asterionella formosa*. Can. J. Bot. 66: 1054–1067.

↬ Beakes, G.W., Canter, H.M., and Jaworski, G.H.M. 1993. Sporangium differentiation and zoospore fine-structure of the chytrid *Rhizophydium planktonicum*, a fungal parasite of *Asterionella formosa*. Mycol. Res. 97: 1059–1074.

↬ Berbee, M.L., and Taylor, J.W. 1993. Dating the evolutionary radiations of the true fungi. Can. J. Bot. 71: 1114–1127.

↬ Berger, L, Speare, R., Daszak, P., Green, D.E., Cunningham, A.A.,Goggin, C.L., Slocombe, R., Ragan, M.A., Hyatt, A.D., McDonald, K.R., Hines, H.B., Lips, K.R., Marantelli, G., and Parkes, H. 1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 95: 9031–9036.

↬ Booth, T. 1971. Ecotypic responses of chytrid and chytridiaceous species to various salinity and temperature combinations. Can. J. Bot. 49: 1757–1767.

↬ Bowman, B.H., Taylor, J.W., Brownlee, A.G., Lee, J., Lu, S.-D., and White, T.J. 1992. Molecular evolution of the fungi: relationship of the Basidiomycetes, Ascomycetes, and Chytridiomycetes. Mol. Biol. Evol. 9: 285–296.

↬ Bruns, T.D., Vilgalys, R., Barns, S.M., Gonzalez, D., Hibbett, D.S., Lane, D.J., Simon, L., Stickel, S., Szaro, T.M., Weisburg, W.G., and Sogin, M.L. 1992. Evolutionary relationships within the fungi: analyses of nuclear small subunit rRNA sequences. Mol. Phylogenet. Evol. 1: 231–241.

↬ Cunningham, C.W., Zhu, H., and Hillis, D.M. 1998. Best-fit maximum-likelihood models for phylogenetic inference: empirical tests with known phylogenies. Evolution, 52: 978–987.

↬ Dogma, I.J., Jr. 1973. Developmental and taxonomic studies on hizophlyctoid fungi, Chytridiales. Nova Hedwigia, 24: 393–411.

↬ Förster, H., Coffey, M.D., Elwood, H., and Sogin, M.L. 1990. Sequence analysis of the small subunit ribosomal RNAs of three zoosporic fungi and implications for fungal evolution. Mycologia, 82: 306–312.

↬ Fuller, M.S., and Reichle, R.E. 1968. The fine structure of *Monoblepharella* sp. zoospores. Can. J. Bot. 46: 279–283.

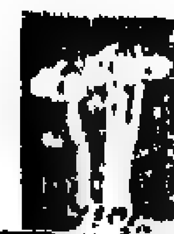
↬ Gargas, A., Depriest, P.T., and Taylor, J.W. 1995. Positions of multiple insertions in SSU rDNA of lichen-forming fungi. Mol. Biol. Evol. 12: 208–218.

↬ Goldman, N. 1993. Simple diagnostic statistical tests of models for DNA substitution. J. Mol. Evol. 37: 650–661.

↬ Hasegawa, M., Kishino, M., and Yano, T. 1985. Dating the human–ape split by a molecular clock of mitochondrial DNA. J. Mol. Evol. 22: 160–174.

↬ Heath, I.B., Bauchop, T., and Skipp, R.A. 1983. Assignment of the rumen anaerobe *Neocallimastix frontalis* to the Spizellomycetales (Chytridiomycetes) on the basis of its polyflagellate ultrastructure. Can. J. Bot. 61: 295–307.

↬ Hibbett, D.S. 1996. Phylogenetic evidence for horizontal transmission of group I introns in the nuclear ribosomal DNA of mushroom-forming fungi. Mol. Biol. Evol. 13: 903–917.



↬ Jensen, A.B., Gargas, A., Eilenberg, J., and Rosendahl, S. 1998. Relationships of the insect-pathogenic order Entomophthorales (Zygomycota, Fungi) based on phylogenetic analyses of nuclear small subunit ribosomal DNA sequences (SSU rDNA). Fungal Genet. Biol. 24: 325–334.

↬ Karling. J.S. 1977. Chytridiomycetarum Iconographia. Lubrecht and Cramer, Monticello, N.Y.

↬ Keeling, P.J., Luker, M.A., and Palmer, J.D. 2000. Evidence from beta-tubulin phylogeny that Microsporidia evolved from within the fungi. Mol. Biol. Evol. 17: 23–31.

↬ Kishino. H., and Hasegawa. M. 1989. Evaluation of the maximum likelihood estimate of the evolutionary tree topologies from DNA sequence data, and the branching order in Hominoidea. J. Mol. Evol. 29: 170–179.

↬ Lane, D.J., Pace, B., Olsen, G.J., Stahl, D.A., Sogin, M.L., and Pace, N.R. 1985. Rapid determination of 16S ribosomal RNA sequences for phylogenetic analyses. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 82: 6955–6959.

↬ Lange, L.. and Olson, L.W. 1978. The zoospore of *Synchytrium endobioticum*. Can. J. Bot. 56: 1229–1239.

↬ Li, J., and Heath, I.B. 1992. The phylogenetic relationships of the anaerobic chytridiomycetous gut fungi (Neocallimasticaceae) and the Chytridiomycota. I. Cladistic analysis of rRNA sequences. Can. J. Bot. 70: 1738–1746.

↬ Li, J., Heath, I.B., and Packer, L. 1993. The phylogenetic relationships of the anaerobic chytridiomycetous gut fungi (Neocallimsticaceae) and the Chytridiomycota. II. Cladistic analysis of structural data and the description of Neocallimasticales ord. nov. Can. J. Bot. 71: 393–407.

↬ Longcore. J.E. 1992*a*. Morphology, occurrence, and zoospore ultrastructure of *Podochytrium dentatum* sp. nov. (Chytridiales). Mycologia. 84: 183–192.

Longcore, J.E. 1992*b*. Morphology and zoospore ultrastructure of *Chytriomyces angularis* sp. nov. (Chytridiales). Mycologia, 84: 442–451.

Longcore, J.E. 1993. Morphology and zoospore ultrastructure of *Lacustromyces hiemalis* gen. et sp. nov. (Chytridiales). Can. J. Bot. 71: 414–425.

Longcore, J.E. 1995. Morphology and zoospore ultrastructure of *Entophlyctis luteolus* sp. nov. (Chytridiales): implications for chytrid taxonomy. Mycologia, 87: 25–33.

Longcore, J.E. 1996. Chytridiomycete taxonomy since 1960. Mycotaxon, 60: 149–174.

Longcore, J.E., Pessier, A.P., and Nichols, D.K. 1999. *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. Mycologia, 91: 219–227.

Lucarotti, C.J. 1981. Zoospore ultrastructure of *Nowakowskiella elegans* and *Cladochytrium replicatum* (Chytridiales). Can. J. Bot. 59: 137–148.

McKerracher. L.J., and Heath, I.B. 1985. The structure and cycle of the nucleus-associated organelle in two species of *Basidiobolus*. Mycologia, 77: 412–417.

Miller, C.E. 1976. Substrate-influenced morphological variations and taxonomic problems in freshwater, posteriorly uniflagellate phycomycetes. *In* Recent advances in aquatic mycology. *Edited by* E.B.G. Jones. Elek Science, London. pp. 469–487.

Mollicone, M.R.N., and Longcore, J.E. 1994. Zoospore ultrastructure of *Monoblepharis polymorpha*. Mycologia, 86: 615–625.

Montecillo, C.M., Bracker, C.E., and Powell, M.J. 1980. Ultrastructure of *Synchytrium macrosporum* zoospores. Can. J. Bot. 58: 1885–1897.

Nagahama, T., Sato, H., Shimazo, M., and Sugiyama, J. 1995. Phylogenetic divergence of the entomophthoralean fungi: evidence from nuclear 18S ribosomal RNA gene sequences. Mycologia, 87: 203–209.

↳ Nicholas, K.B., Nicholas, H.B., Jr., and Deerfield, D.W., II. 1997. GeneDoc: analysis and visualization of genetic variation. http://www.cris.com/~ketchup/genedoc.shtml.

↳ O'Donnell. K., Cigelnik. E., and Benny, G.L. 1998. Phylogenetic relationships among the Harpellales and Kickxellales. Mycologia, 90: 624–639.

↳ Paquin, B., Laforest, M.-J., Forget, L., Roewer, I., Wang, Z., Longcore, J., and Lang, B.F. 1997. The fungal mitochondrial genome project: evolution of fungal mitochondrial genomes and their gene expression. Curr. Genet. 31: 380–395.

↳ Powell, M.J. 1978. Phylogenetic implications of the microbody-lipidglobule complex in zoosporic fungi. BioSystems, 10: 167–180.

↳ Powell, M.J. 1981. Ultrastructure of *Polyphagus euglenae* zoospores. Can. J. Bot. 59: 2049–2061.

↳ Powell, M.J. 1993. Looking at mycology with a Janus face: a glimpse at Chytridiomycetes active in the environment. Mycologia, 85: 1–20.

↳ Powell, M.J., and Blackwell, W.H. 1995. Searching for homologous ultrastructural characters in zoosporic fungi. Can. J. Bot. 73: S693–S700.

↳ Powell, M.J., and Koch, W.J. 1977*a*. Morphological variations in a new species of *Entophlyctis*. I. The species concept. Can. J. Bot. 55: 1668–1685.

↳ Powell, M.J., and Koch, W.J. 1977*b*. Morphological variations in a new species of *Entophlyctis*. II. Influence of growth conditions on morphology. Can. J. Bot. 55: 1686–1695.

↳ Powell, M.J., and Roychoudhury, S. 1992. Ultrastructural organization of *Rhizophlyctis harderi* zoospores and redefinition of the type 1 microbody – lipid globule complex. Can. J. Bot. 70: 750–761.

↳ Roane, M.K., and Paterson, R.A. 1974. Some aspects of morphology and development in the Chytridiales. Mycologia, 66: 147–164.

- Roychoudhury, S., and Powell, M.J. 1992. Precise flagellar configuration of the *Rhizophlyctis harderi* zoospore. Can. J. Bot. 70: 762–771.

- Sparrow, F.K. 1943. The aquatic phycomycetes exclusive of Saprolegniaceae and *Pythium*. University of Michigan Press, Ann Arbor, Mich.

- Sparrow, F.K. 1960. Aquatic phycomycetes. 2nd ed. University of Michigan Press, Ann Arbor, Mich.

- Sparrow, F.K. 1973. Chytridiomycetes, Hyphochytridiomycetes. *In* The fungi. Vol. IVB. *Edited by* G.C. Ainsworth, F.K. Sparrow, and A.S. Sussman. Academic Press, New York. pp. 85–110.

- Swofford, D.L. 1998. PAUP*. Phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods). Version 4. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.

- Van de Peer, Y., Jansen, J., De Rijk, P., and De Wachter, R. 1997. Database on the structure of small ribosomal subunit RNA. Nucleic Acids Res. 25: 111–116.

- Vilgalys, R., and Hester, M. 1990. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. J. Bacteriol. 172: 4238–4246.

- Whiffen, A.J. 1944. A discussion of taxonomic criteria in the Chytridiales. Farlowia, 1: 583–597.

- White, T.J., Bruns, T.D., Lee, S.B., and Taylor, J.W. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *In* PCR protocols: a guide to methods and applications. *Edited by* M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky, and T.J. White. Academic Press, New York. pp. 315–321.

- Woese, C.R., Gutell, R., Gupta, R., and Noller, H.F. 1983. Detailed analysis of the higher-order structure of 16S-like ribosomal ribonucleic acids. Microbiol. Rev. 47: 621–669.

- Zolan, M.E., and Pukkila, P.J. 1986. Inheritance of DNA methylation in *Coprinus cinereus*. Mol. Cell. Biol. 6: 195–200.



٤-٣ تحت مملكة الثالوميكوتينا

Subkingdom Thallomycotina

٤-٣-١ شعبة الزيجوميكوتا

Phylum Zygomycota

يرى بعض المشتغلين بعلوم التطور أن فطريات شعبة الزيجوميكوتا قد انحرفت عن ما تبقى من فطريات قبل أن تستعمر النباتات الأرض بحوالى ٦٠٠ - ١٤٠٠ مليون سنة مضت. وقد أدت الدراسات الفيللوجينية الجزيئية إلى وضع الزيجوميكوتات بالقرب من قاعدة مملكة الفطريات، إلا أن هذه الدراسات وضعت المزيد من الشك حول كونها وحيدة الأصل، وقد أكدت دراسة تتابعات النيوكليوتيدات فى تحت الوحدة الصغيرة لجين ssu rDNA إلى افتراض أن الزيجوميكوتات أما أن تكون متعددة الأصول Polyphyletic أو متوازية Paraphyletic. ومع ما تم حديثاً من استبعاد الجلومالات من الزيجوميكوتات، فإن الفطريات التى تضمها الشعبة هى تلك الأنواع المكونة للجراثيم الزيجية عن طريق الإقتران الميسليومى، وذلك على الأقل فى الأنواع التى عرف لها وسيلة للتكاثر الجنسى.

قبيل أن تستخدم الدراسات الفيللوجينية الجزيئية، فقد كانت شعبة الزيجوميكوتا تقسم إلى طائفتين هما طائفة الزيجوميسيتات Class Zygomycetes وطائفة الترايكوميسيتات Class Trichomycetes. وقد أوضح تحليل تتابعات ssu rDNA أن الترايكوميسيتات طائفة متعددة الأصول Polyphyletic، تمثل مع ما يعرف الآن Ichthyosporean Protozoans ذات العلاقة الوثيقة بالحيوانات 2000, Benay and O.'Donell و 2005, Cafaro, 2000 Ustinova et al)، وبعضها ممن ينتمى لرتبة الهاربللات Order Harpellales فهى تعد فطريات تتموضع داخل الزيجوميسيتات.

لذلك، فلن تندهش عزيزى القارئ إذا لم تجد بغيتك من الكائنات الترايكوميسية بين

دفتي هذا الكتاب.

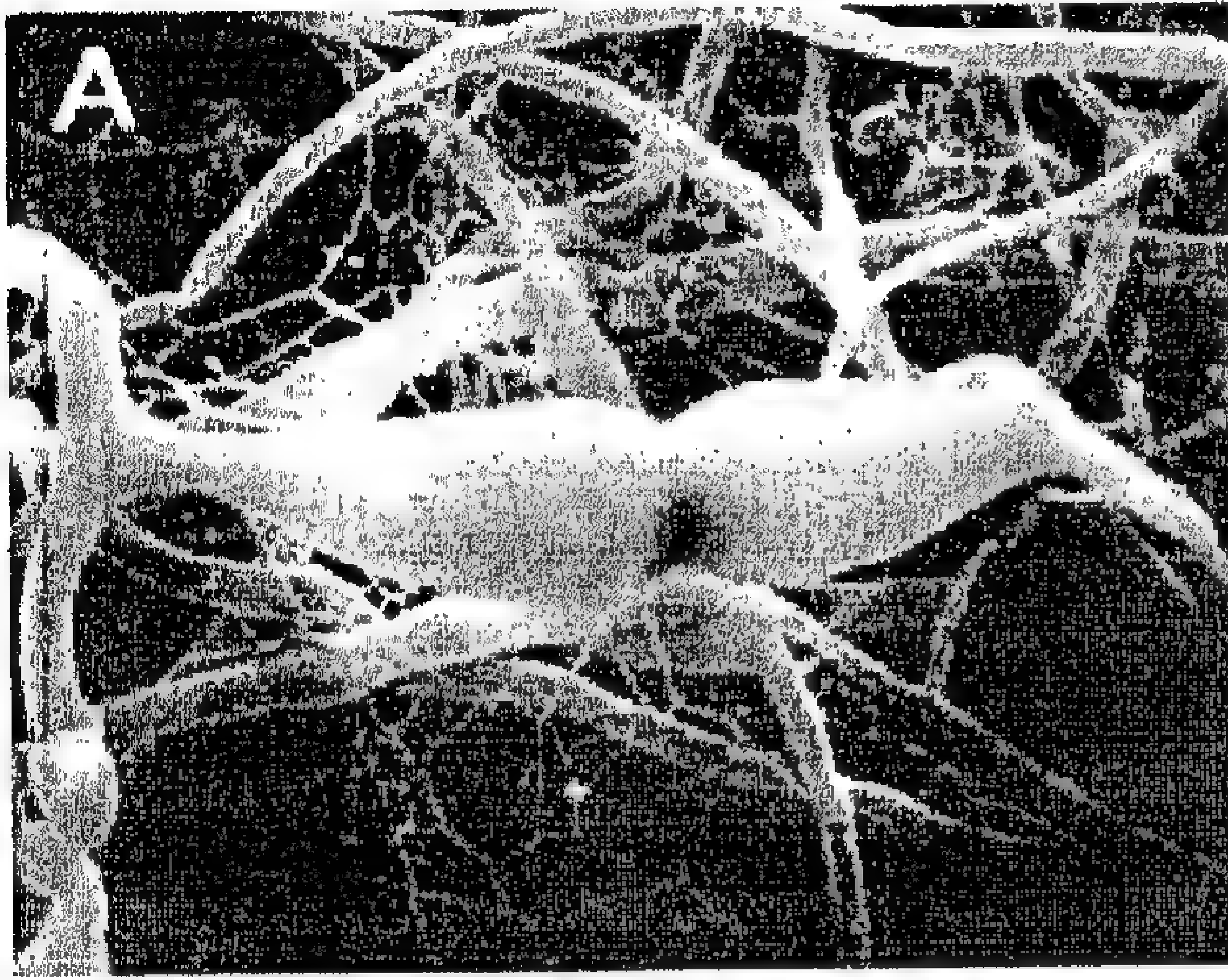
تضم شعبة الزيجوميكوتات Phylum Zygomycota حوالى ١٪ من إجمالى الأنواع الموصوفة للفطريات (تقريباً ٩٠٠ نوع موصوف، 2001, Kirk et al) وتشمل أكثر الأنواع شهرة تلك الأعفان سريعة النمو والتى تلاحظ على ثمار الفراولة المتعفنة (شكل ٤-٣-١-أ) وغيرها من الثمار ذات المحتوى السكرى العالى.

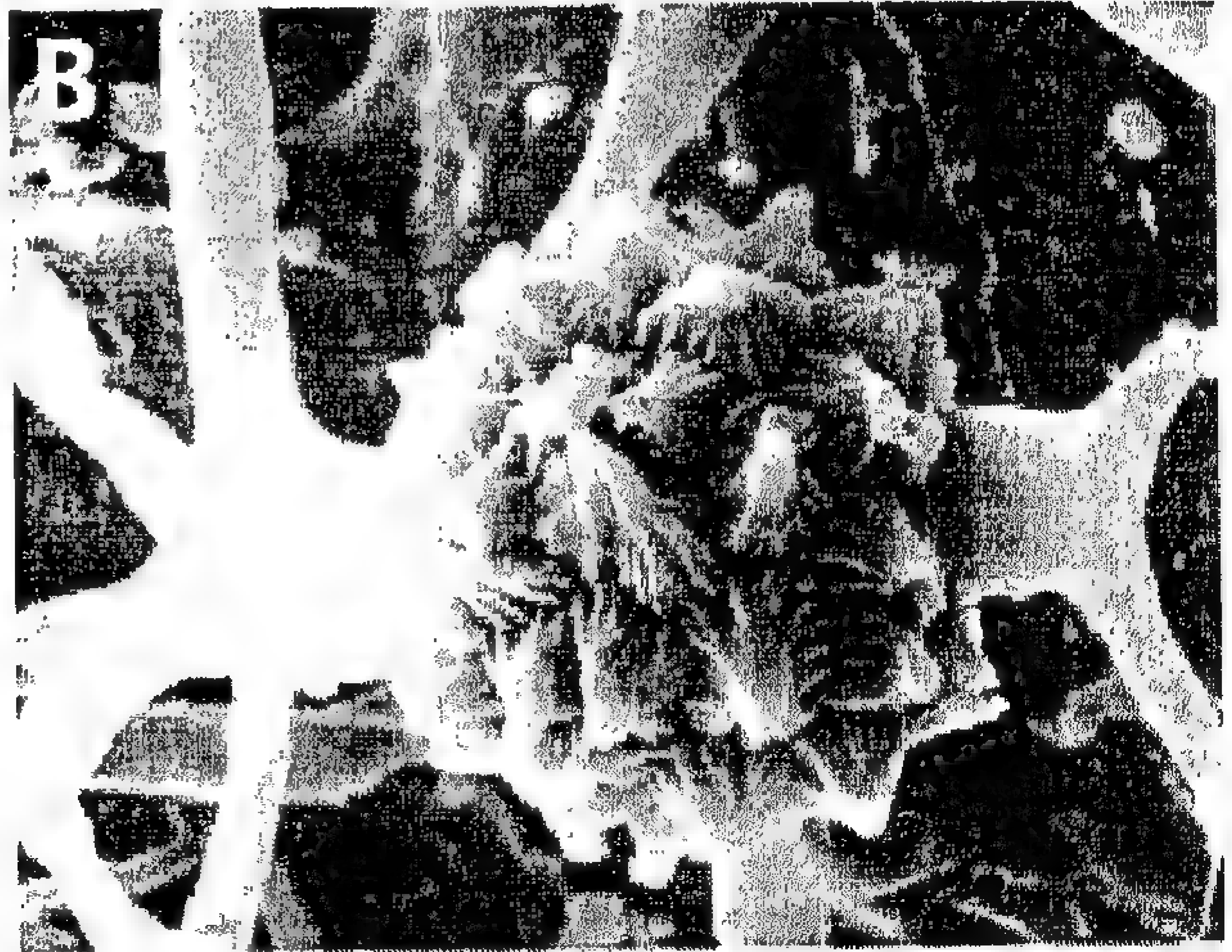
وبالرغم من أن هذه الفطريات شائعة التواجد فى النظم البيئية الأرضية والمائية. إلا أن الإنسان يصعب عليه ملاحظتها وذلك بسبب صغر حجمها. وقد درست بعناية كبيرة طبيعة نمو المستعمرات والنواحى التقسيمية لتراكيب التكاثر اللاجنسى وذلك بعد تنميتها على الأوساط الغذائية الصلبة المختلفة، ومن ناحية أخرى، فإن الأنواع التى لم تستزرع على الأوساط الغذائية فيتم دراستها على الطبقات التحتية التى تنمو عليها. وقد أمكن استزراع ما يزيد قليلاً على نصف أنواع هذه الشعبة على الأوساط الغذائية وعلى الأخص الأنواع التى تنتمى لرتبة Mucorales والتى تشتمل على أسرع الأنواع نمواً.



شكل (٤-٣-١-أ) : ثمار الفراولة وقد تغطت تماماً بميسليوم الفطر *Rhizopus*

تتميز الفطريات التابعة لشعبة الزيجوميكوتا عن غيرها من الفطريات بالتكاثر الجنسي والذى يتم عن طريق تكوين الجراثيم الزيجية Zygospores والذى يعقب الإتحاد الجاميطى (شكل ٤-٣-١-ب) وكذا بالتكاثر اللاجنسى عن طريق تكوين الأكياس الاسبورانجية وحيدة أو متعددة الجراثيم (شكل ٤-٣-١-جـ)، والتى تتكون داخلها جراثيم اسبورانجية وحيدة الخلية غير متحركة.

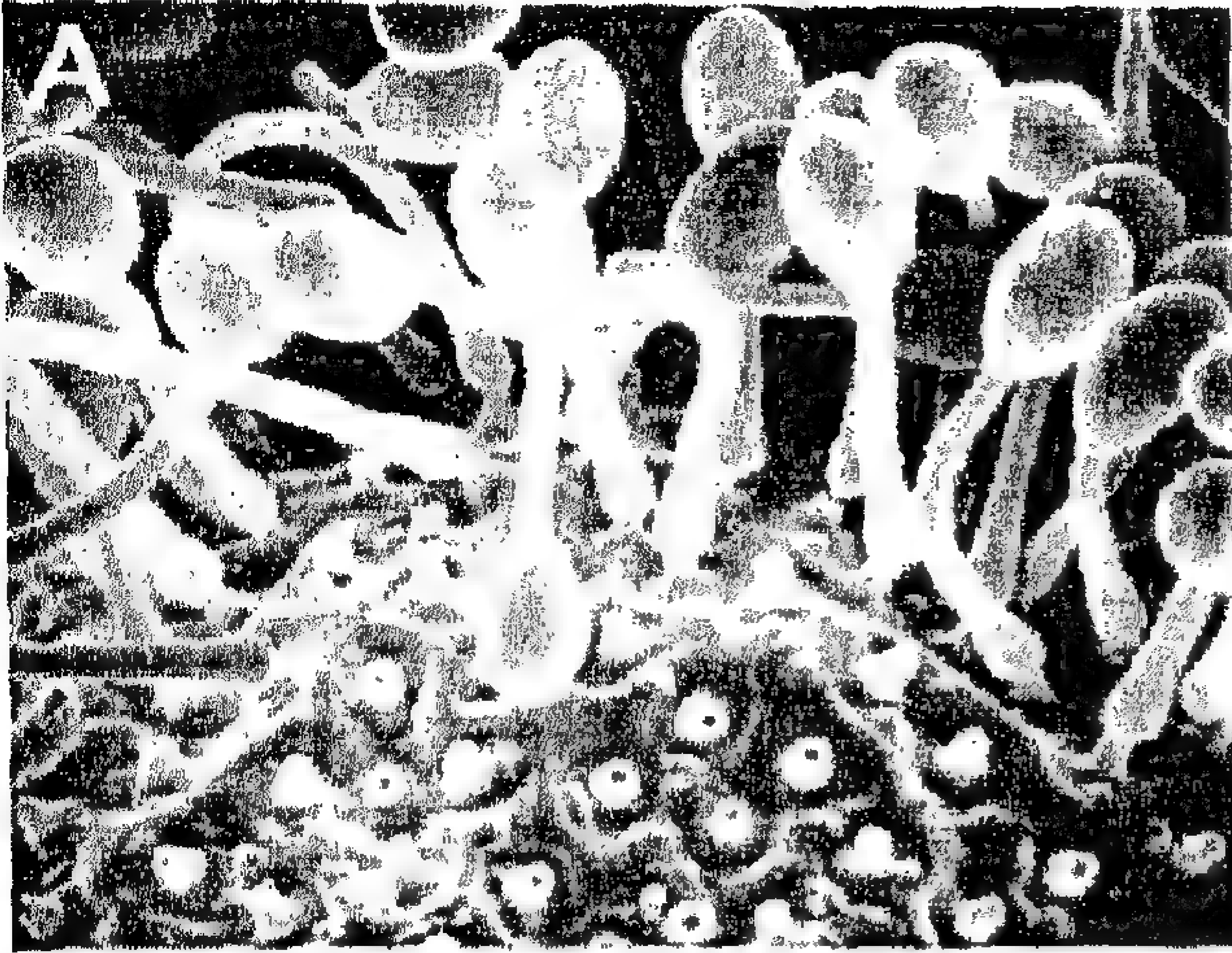


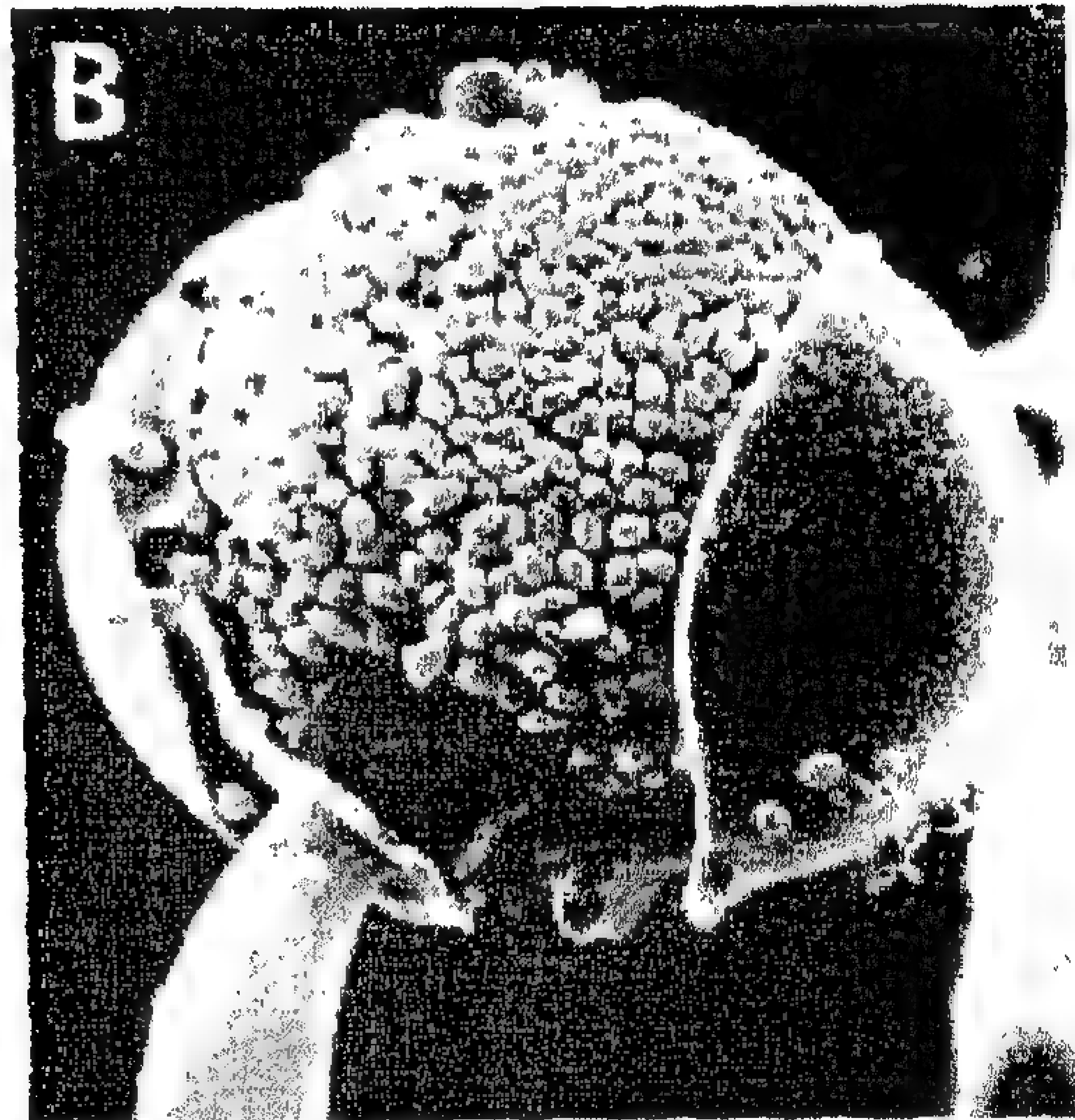


شكل (٤-٣-١-ب) التكاثر الجنسى

(A) صورة بالميكروسكوب الالكترونى الماسح لاقتران الجاميطات فى الفطر *Mucor mucedo*

(B) الكيس الزيجى واضح النمنمة للفطر *Mycotypha africana*



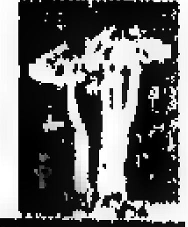


شكل (٤-٣-١-جـ) التكاثر اللاجنسى

(A) صورة بالميكروسكوب الالكترونى الماسح للكيس الاسبورانجى وحيد الجرثومة للفطر *Benjaminiella portrasii*

(B) الكيس الاسبورانجى متعدد الجراثيم المتفتح للفطر *Gilbertella persicaria* تنساب منه الجراثيم

تضم الشعبة أغلب الفطريات ذات التباين البيئى الكبير، فهى تعمل كمترممات على الطبقات التحتية مثل الثمار والتربة والروث (Mucorales)، كما يعيش بعضها ويستوطن أمعاء مفصليات الأرجل (Harpellales)، وبعضها يتلازم فى معيشته مع النبات مكوناً



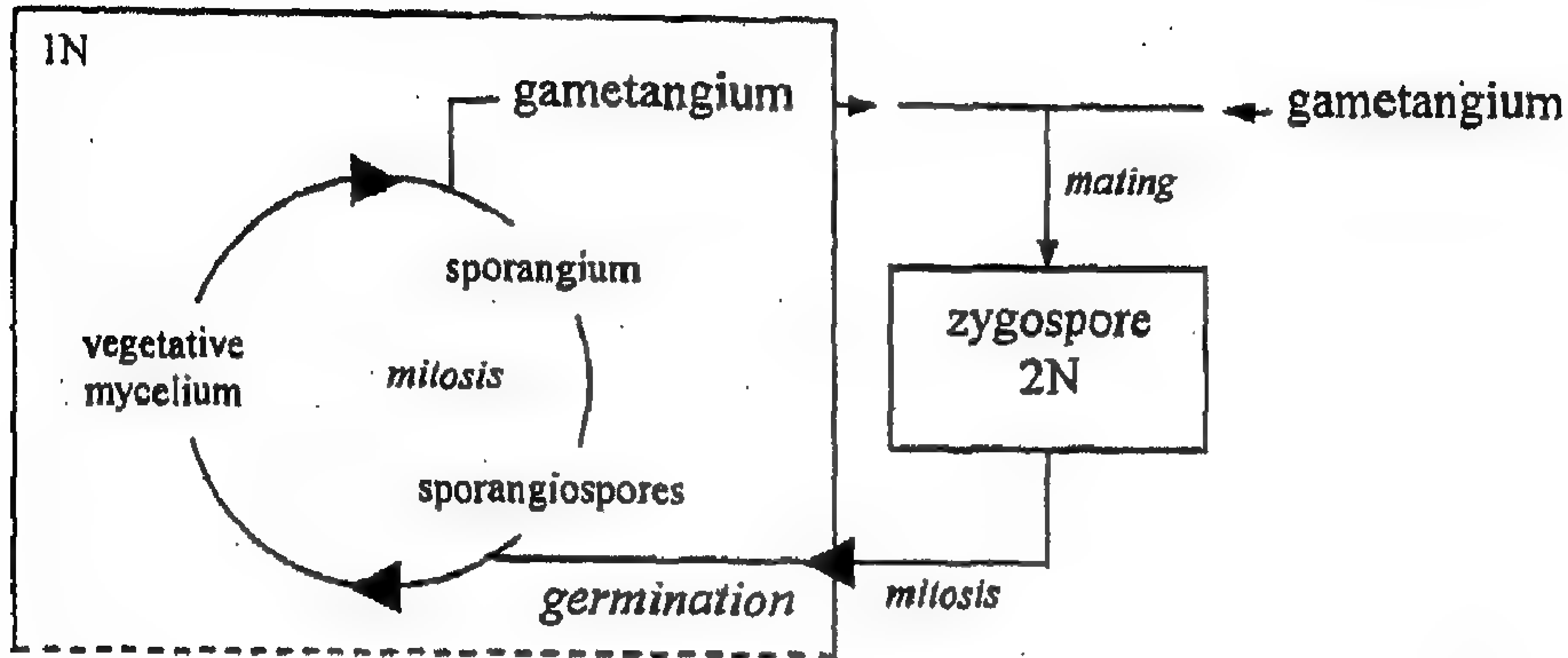
ميكروهيـــزا خارجيـــة ectomycorrhiza (Endogonales)، كمـــا أن الـــبعض ممـــرض للحيوانـات والنباتـات والأميبا وكـذا علـى غيرهـا مـن الفطريـات (كـل أنـواع رتبتـى Dimargaritales وبعض أنواع رتبة Zoopagales متطفلات على الفطريات). كما تستخدم بعض الأنواع فى قارة آسيا فى مجال التخمرات الغذائية، فالنوع *Rhizopus oligosporus* يستخدم فى أندونسيا لصناعة Staple tempeh ويستخدم النـوع *Actinomucor elegans* فى الصين لصناعة الجبن أو سوفو Sufu. وعلى النقيض من ذلك، فلبعض الأنـواع مـردوداً سالباً على مناشط الإنسان، حيث تسبب عفناً للمنتوجات المخزونة وللثمـار (وعلـى الأخـص ثمار الفراولة المتسبب عن الفطر *Rhizopus stolonifer* بينما يمكن لأنواع أخرى أن تهدد صحة الإنسان المصاب بمرض السكر أو مرضى نقص المناعة بالإضافة لذلك، فإن بعض أنواع رتبة Mucorales تهاجم مرضى نقص المناعة المكتسبة. وتعزل بعض أنـواع الزيجومسـيتات بانتظام من الحيوانات المزرعية والمنزلية فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية.

الخواص:

الزيجوميكوتات، مثل غيرها من الفطريات تعطى جدراً خلوية تحتوى علـى الشـيتين، وهى تنمو كميسيلوم أو خيوط من خلايـا طويلـة تسـمى الهيفـات. وتختلـف عـن الفطريـات الأسكية والبازيدية التى تكون بانتظام ميسليوم مقسـم، فـإن أغلـب الزيجوميكوتـات تكـون هيفات "مدمج خلوى Coenocytic، حيث أنها تفتقر لتكوين الجدر العرضية. ومـع ذلـك، توجد بعض الاستثناءات، حيث قد تتكون الجدر العرضية على مسـافات غـير منتظمـة فـى الأجزاء الهرمة من الميسليوم أو على مسافات منتظمة فـى رتبـتين مـن الزيجوميكونـات همـا رتبتى Kickxellales , Harpellales.

تعد الصفة الأساسية المميزة للزيجوميكوتات هو تكوين الجراثيم الزيجيـة Zygospores

والتى تنشأ داخل ما يسمى بالكيس الزيجي بعد اقتران هيفات متخصصة يطلق عليها الجاميطات خلال دورة التكاثر الجنسى (شكل ٤-٣-١-د)، حيث تتكون داخل كل كيس زيجي جرثومة زيجية واحدة.



شكل (٤-٣-١-د): دورة الحياة العامة للزيجوميكوتات، حيث يحدث التكاثر اللاجنسى بتكوين الجراثيم الاسبورانجية والتى تتكون بالانقسام الغير مباشر للأنوية وكذا انقسام الخلايا. الطور الوحيد ثنائى الكروموسومات (2N) فى دورة الحياة هو الجراثيم الزيجية، والتى تنتج باقتران الجاميطات المتوالفة خلال دورة التكاثر الجنسى.

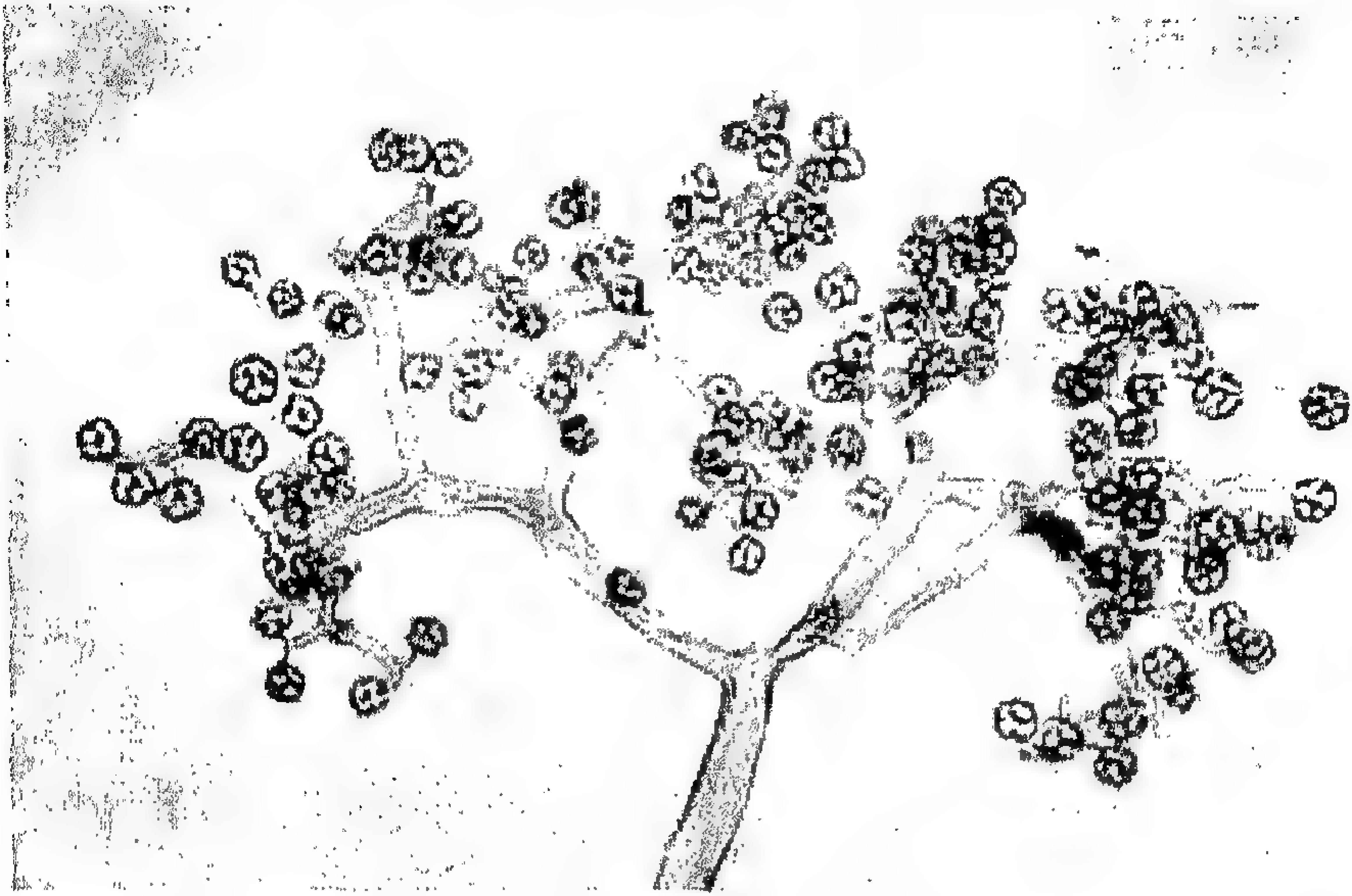
الجرثومة الزيجية الناضجة - غالباً - سميكة الجدار، وتدخل في طور سكون إجبارى قبل أن تنبت. وأغلب الزيجوميكوتات لها طور زيجي أو دورة حياة أحادية الصبغيات (شكل ٤-٣-١-د)، وهكذا فإن الطور الوحيد المزدوج الصبغي يحدث بداخل الجرثومة الزيجية. تبدأ الأنوية فى الجرثومة الزيجية بالانقسام الإختزالى أثناء الإنبات، إلا أن ذلك لم يثبت وراثياً إلا فى الفطر النموذج *Phycomyces blakestleeanus*.

تتكاثر الزيجوميكوتات لاجنسياً عن طريق تكوين الأكياس الاسبورانجية وبداخلها الجراثيم الاسبورانجية، وتتميز الجراثيم الاسبورانجية عن طرق التكاثر اللاجنسية الأخرى، مثل الجراثيم الكونيدية فى الفطريات الاسكية والبازيدية بطريقة تكوينها ونشأتها. حيث تتكون الجراثيم الاسبورانجية ذات الجدار بالانشقاق الداخلى لسيتوبلازم الكيس

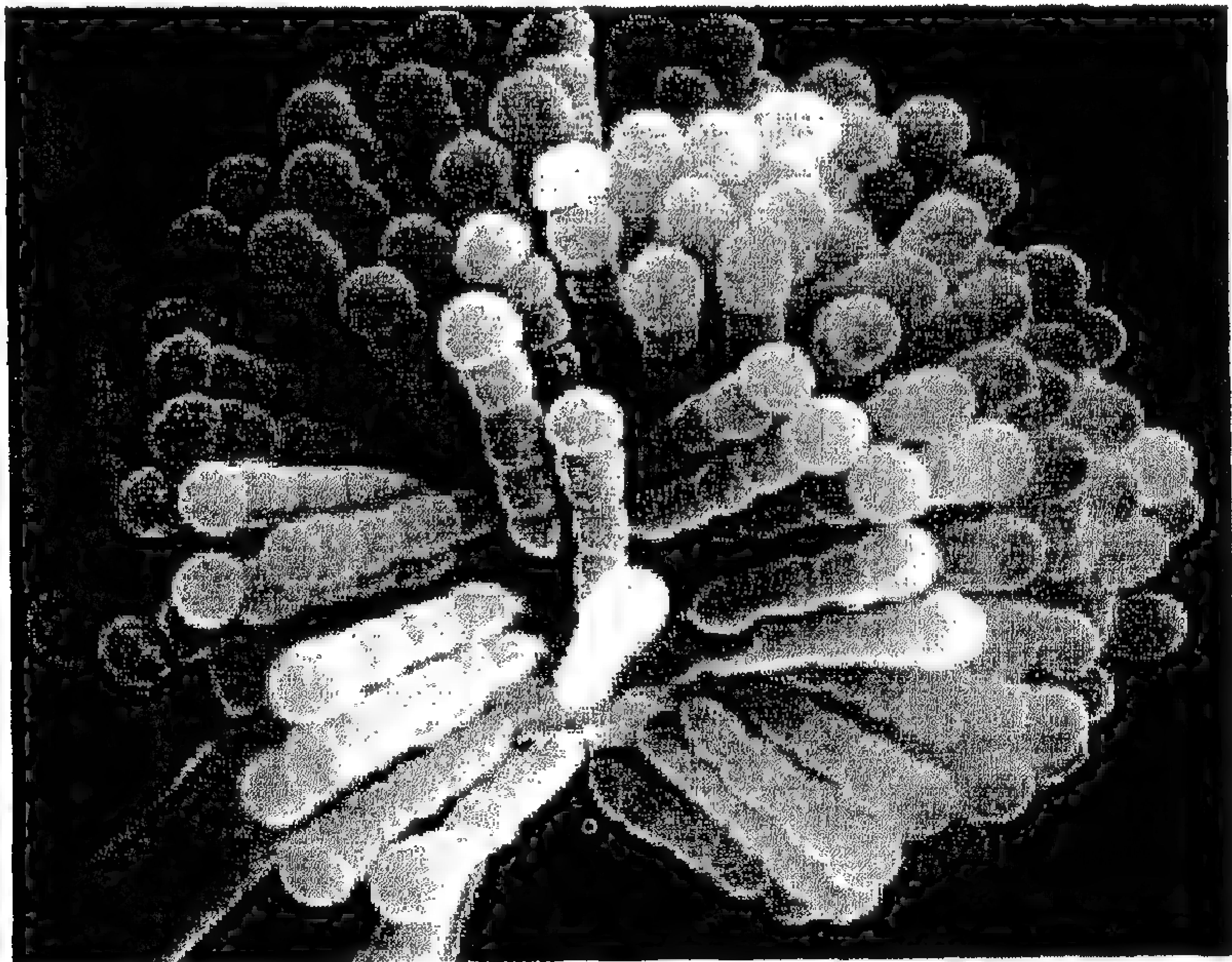
الاسبورانجى، وعند النضج، فإن جدار الكيس الاسبورانجى إما أن يتحلل أو ينفتح، حيث تتحرر الجراثيم وتنتشر إما بالرياح أو بالماء. (شكل ٤-٣-١-جـ B).

تتكون الأكياس الاسبورانجية فى نهايات هيفات متخصصة يطلق عليها الحامل الاسبورانجى Sporangiophores، وفى الكائن النموذجى *Phycomyces blakesleeanus* درست نشأة وتطور الأكياس بصورة مكثفة وذلك لفهم الأسس الوراثية لمختلف الانجذابات والتى تشمل إستجابة الإنجذاب الضوئى للضوء الأزرق. والطريقة المتفردة لاستراتيجية إنتشار الجراثيم فى رتبة Mucorales قد ظهرت فى فطر الروث *Pilobolus* والذى اشتق اسمه من the hat thrower قاذف القبعة، حيث يقذف الكيس الاسبورانجى بأكمله من قمة الحامل الاسبورانجى لمسافة تصل إلى عدة أمتار. هذا النمو الانتحائى للضوء للكيس الاسبورانجى يوفر للفطر طريقة مثلى للانتشار من الروث إلى أوراق الحشائش، حيث تستهلك عن طريق آكلات العشب، وبذلك تكتمل دورة الحياة اللاجنسية للفطر بعد أن تعبر الجراثيم القناة الهضمية للحيوان آكل العشب. كما أن بعض أفراد رتبة Entomophthorales مثل "*Conidiobolus, Basidiobolus*" تتكاثر كذلك عن طريق إطلاق الجراثيم اللاجنسية. ومن المثير كذلك ملاحظة أن بعض أنواع جنس *Conidiobolus, Basidiobolus* وعدة أجناس أخرى تنتج نوعاً ثانياً من الجراثيم على ساق طويلة، وقد حدث لها بعض التحويرات لكى تنتشر بكفاءة بالحشرات.

بالإضافة للأكياس الاسبورانجية ذات العدد الهائل من الجراثيم الاسبورانجية توجد كذلك أكياس تحوى أعداد قليلة من الجراثيم يطلق عليها Sporangiola إذا كانت كروية تحتوى على من ١ إلى ٣٠ جرثومة (شكل ٤-٣-١-هـ)، كما يطلق عليها merosporangia إذا كانت الأكياس متطاولة وتوجد الجراثيم فى صف واحد، حيث عادة ما تتكون من حافظة أو عمود (شكل ٤-٣-١-و).

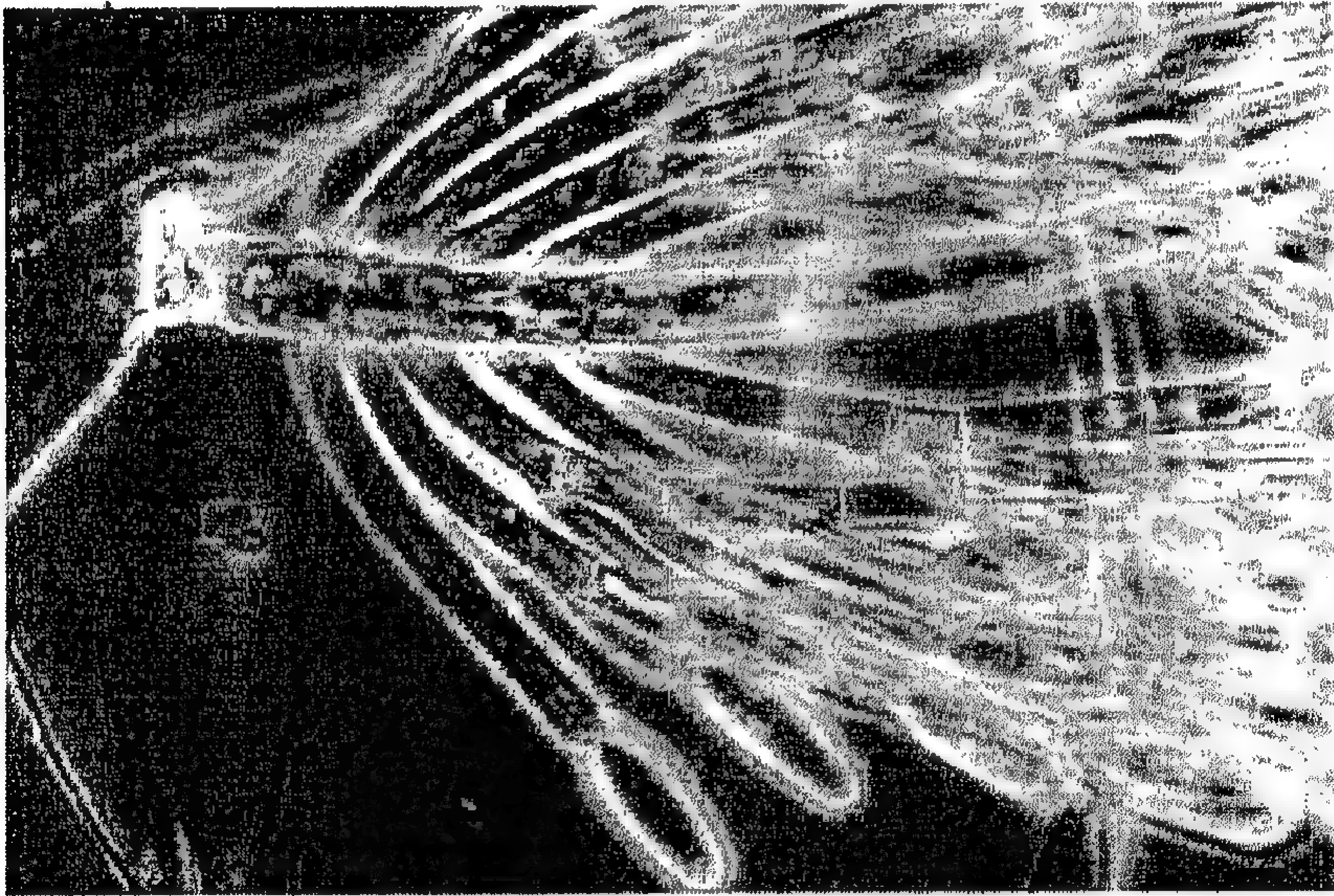


شكل (٤-٣-١-هـ) الحامل الاسبورانجى ذات التفرع الثنائى للفطر *Thamnidium elegans* (Mucorales)، حيث الاسبورانجيولات تحتوى على عدد قليل من الجراثيم وتتولد على قمم أفرع الحامل الاسبورانجى.



شكل (٤-٣-١-و) صورة بالمجهر الالكترونى الماسح للميروسبورانجيا ذات صف واحد من الجراثيم المتكونة على انتفاخ (مختفية تحت اليمروسبورانجيات) للفطر *Syncephalastrum racemosum* من رتبة Mucorales.

لا تمثل أنواع الزيجوميكوتات المكونة للميروسبورانجيات غمامة خاصة بها فى النشأة الفيللوجينية. مما يؤكد على أن هذا النمط من الأكياس الاسبورانجية قد تطور بصورة مستقلة أكثر من مرة داخل الشعبة (مثلاً رتبتى Zoopagales, Mucorales) والنمط المتفرد من الاسبورانجيولات هو ما يطلق عليه الجرثومة الشعرية trichospore وهو اسبورانجيول يحتوى على جرثومة واحدة وتشاهد فى أفراد رتبة Harpellales (شكل ٤-٣-١-ن) والتى تعيش متلازمة داخلياً داخل معدة مفصليات الأرجل والتى تشتمل على الخنافس الأرضية والدودة الألفية والسرطانات ويرقات كثير من الحشرات المائية. وللجراثيم الشعرية من واحد إلى عدة شعيرات قاعدية تشبه الخيط وتساعدها على الالتصاق بالحشائش والنباتات المائية قبل أن تعود مرة أخرى لمعدة مفصليات الأرجل.



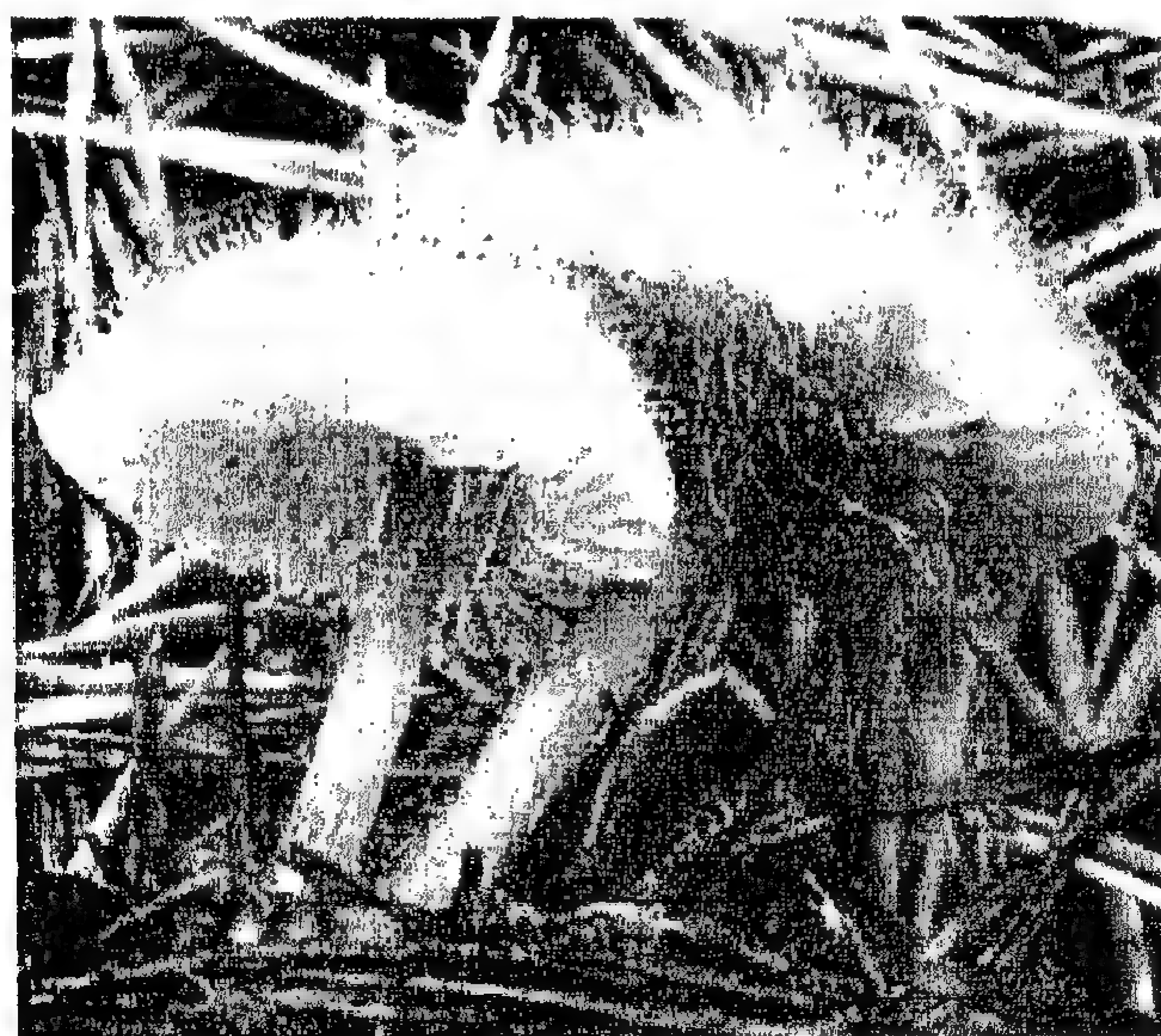
شكل (٤-٣-١-ن) ثالوس الفطر *Genistellospora homothallica* (رتبة Harpellales) يحمل الجراثيم الشعرية متصل بكيوتيكل hindgut لحشرة Chilean blackfly

تنمو الزيجوميكوتات داخل غذائها، مذيبة للطبقة التحتية بما تطلقه من إنزيمات خارجية، وتأخذ المغذيات بالامتصاص. وأغلب أعضاء الزيجوميكوتات إنتشاراً هى أفراد

رتبة Mucorales سريعة النمو. وهى تعمل كمحللات فى التربة والروث وبذلك، فهى تلعب دوراً هاما فى دورة الكربون على الأرض.

تدخل بعض أعضاء شعبة الزيجوميكوتا فى عدد مثير من المعيشة التكافلية، فالهاريللات تستوطن مفصليات الأرجل، حيث تتغذى على المغذيات التى لم تمثل بالحشرة. على النقيض. فرتبة Entomophthorales تشتمل على كثير من الممرضات التى تسبب أوبئة شديدة الانتشار. لذلك. فإن بعضها يستخدم فى المكافحة الحيوية للآفات الحشرية الضارة بالنباتات.

تعد بعض الزيجوميكوتات متطفلات على الفطريات، فجميع أفراد رتبة Dimargaritales وكثير من أفراد رتبة Zoopagales متطفلات إجبارية على عوائلها من الميوكورات. كما تتطفل بعض أنواع رتبة الميكورات مثل: (*Spinellus, Syzygites*) على الأجسام الثمرية لفطر عيش الغراب (شكل ٤-٣-١-ح).



شكل (٤-٣-١-ح) الأكياس الاسبورانجية للفطر *Spinellus fusiger* متطفلاً على الأجسام الثمرية لفطر *Mycena pura*

كما أن بعض أنواع رتبة Zoopagales تتطفل على عوائل - غير فطرية، مثل النيماتودا والدوارات والأميبا، أما أفراد رتبة Endogonales فهي المجموعة الوحيدة من الزيجوميكونات التى تكون بعض أفرادها جذر فطريات خارجية ectomycorrhizae مع جذور الصنوبر والبعض الآخر مترمم.

التقسيم

تتباين وجهات النظر حول رتب شعبة الزيجوميكوتا، فالبعض يفضل ثلاث رتب هي الميكورات والإنترموفثورات والزوباجالات، ومن ناحية أخرى يفضل البعض تقسيم الشعبة إلى سبعة رتب هي : الميكورات، وديمارجيتات، وكيكزلات، وإندوجونالات، والإنتوموفتورات والزوباجالات والهاربللات،

وفيما يلى مفتاح مبسط لرتب شعبة الزيجوميكوتا:

١- تعيش ملازمة داخل معدة مفصليات الأرجل

Order Harrpellales

- مترممات أو متطفلات على الحشرات أو الأميبا أو ضعيفة التطفل على النباتات أو متطفلة على الفطريات أو تكون جذر فطريات خارجية مع الصنوبريات...٢

٢- الميسليوم ± منتظم التقسيم، الحاجز العرضى مسدود، إذا تكونت جراثيم زيجية فهي تتكون على هيفا غير متخصصة.......................................٣

- الميسليوم مقسم، يختلف وضع الجراثيم الزيجية عما سبق.......................٤

٣- يكون الفطر ميراسبورانجيا ثنائية الجراثيم، الحاجز العرضى ذو حبيبة قطبية، يذوب الحاجز فى محلول ٢-٣٪ هيدروكسيد بوتاسيوم

Order Dimargaritales

– يكون القطر ميراسبورانجيا وحيدة الجرثومة، الحاجز العرضى ليس له حبيبة قطبية ولا يذوب الحاجز فى المحلول القلوي

Order Kickxellales

٤– الاسبورانجيا أو الكونيديا تنطلق بقوة، وإذا لم تطلق بقوة فهى ليست متطفلات ماصّية على Cicades أو النيماتودا. المتطفلة على النيماتودا تعطى إثنان أو أكثر من الكونيديات الكروية، شوكية، تتولد إما طرفياً أو جانبياً على عنق قصير..........................٥

– لا تطلق الاسبورانجيات بقوة، إذا كانت متطفلات غير ماصية، تنشأ الجراثيم فى سلاسل. وإذا كانت مفردة فهى ليست كروية أو شوكية، الهيفا الخصبة مقسمة عند النضج..٦

٥– ينشأ الحامل الاسبورانجى من خلية مغذية، الاسبورانجيات عديدة الجراثيم، الثالوس ميسليوم جيد التكوين

Order Mucorales

– لا ينشأ الحامل الاسبورانجى من خلية مغذية، الكونيديات قليلة أو وحيدة، الثالوس ميسليوم أو يتركب من أجسام هيفية أو خلايا تشبه البروتوبلاست

Order Entomophthorales

٦– تتكون الجراثيم داخل ثمرة جرثومية فى التربة أو المادة العضوية، فوق سطح التربة، مترممات أو ميكروهيزا خارجية..٧

– لا تتكون الجراثيم كما سبق، مترممات أو متطفلات..............................٨

٧– تحتوى الثمرة الجرثومية على جراثيم زيجية ولا زيجية أو كلاميدية................٨

– لا يوجد سوى الجراثيم الزيجية فى الثمرة، مترممات أو ميكروهيزا

Order Endogonales

٨– مترممات أو متطفلات إختيارية، توجد حوامل اسبورانجية، أو الاسبورانجيول أو الأقل

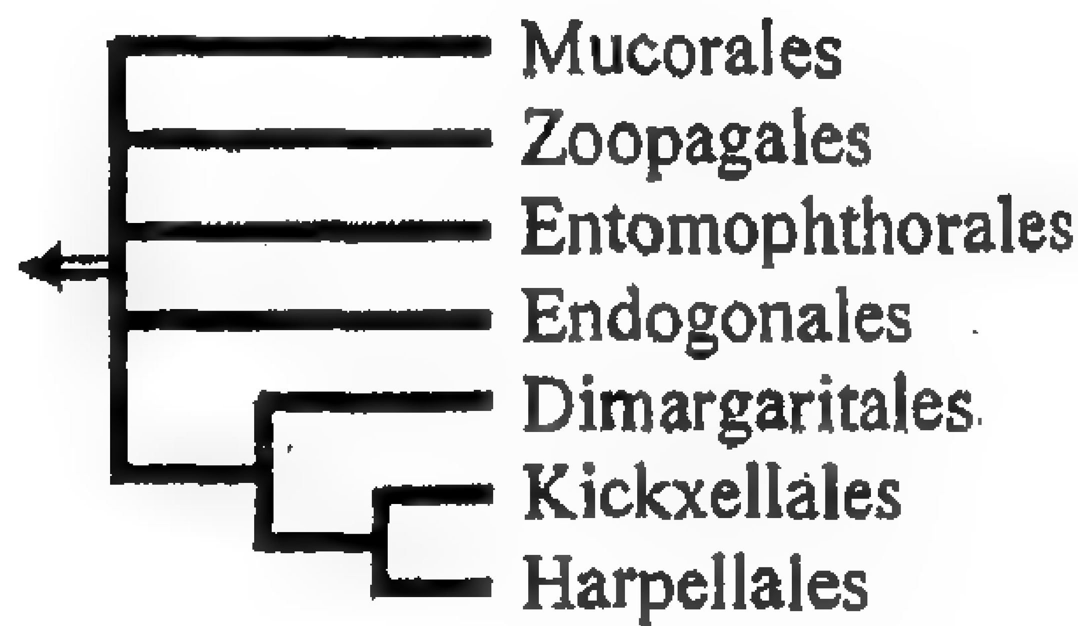
شيوعاً الميروسيورانجيا والجراثيم المفصلية والجراثيم الكلاميدية و/أو قد توجد أحياناً خلايا خمائرية

Order Mucorales

– متطفلات إجبارية ذات أو بدون ممصات على الفطريات أو الحيوانات أو على بيض الحيوان، يوجد حامل اسبورانجى لكل من الأكياس العديدة الجراثيم أو وحيدة الجراثيم للميراسبورانجيات، قد تتكون جراثيم كلاميدية

Order Zoopagales

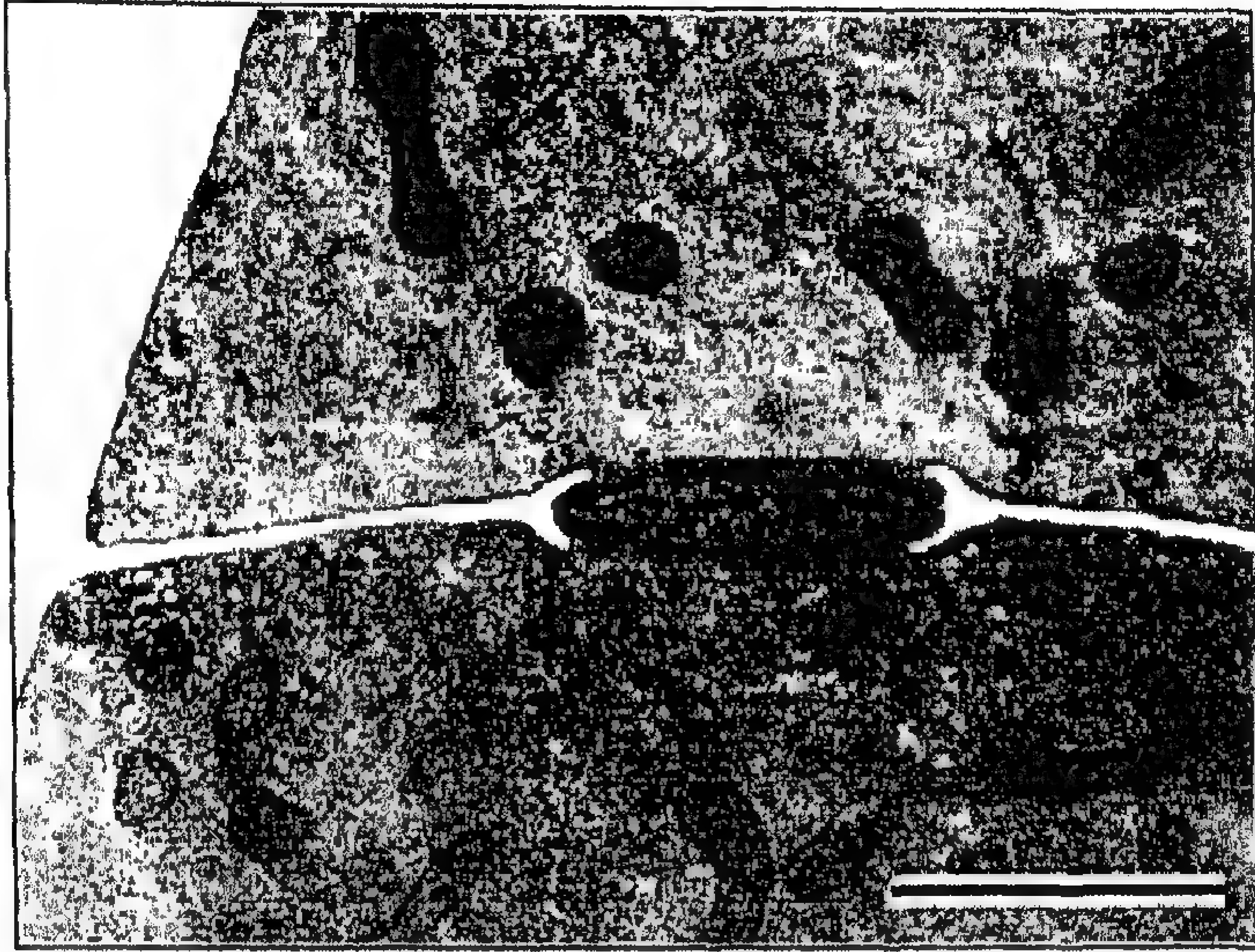
أما فيما يتعلق بالوضع الفيللوجينى داخل الشعبة، فيوضح المخطط التالى أن الرتب Harpellales , Kickxellales, Dimargaritales أنها توجد فى عنقود منفصل عن بقية رتب الشعبة الأربعة الأخرى.



٤-٣-١-١ رتبة الميوكورات

Order : Mucorales

هى أكبر رتب هذه الشعبة (٥٦ جنس، ٣٠٠ نوع)، تمتاز بالتباين الشكلى الواسع المدى، أفرادها ذات ميسليوم جيد التكوين، فى الغالب غير مقسم، وإذا حدث وقسمت فالحاجز العرضى مصمط بسدادة عدسية الشكل (شكل ٤-٣-١-١-أ). تمتاز الأفراد بوجود كلا طورى التكاثر اللاجنسى والجنسى، بالإضافة لوجود بعض التراكيب غير المتخصصة مع أعضاء التكاثر.



شكل (٤-٣-١-١-أ) قطاع بالميكروسكوب الالكترونى فى هيفا الفطر *Kickxella alabastrina*، حيث يظهر الجدار العرضى المصمط الذى يفصل خليتين عن بعضهما ويلاحظ وجود السدادة العدسية الشكل والتى توضع داخل الجدار العرضى.

غالبية أنواع هذه الرتبة مترممات على الروث، فى التربة، الدبال، وغيرها من المادة العضوية. إلا أن النوع *Choanophora cucurbitarum* يهاجم أزهار وثمار نباتات العائلة القرعية وغيرها من النباتات. ويعتبر الفطر *Rhizopus stolonifer* من ألد أعداء ثمار الفراولة أثناء النقل والتسويق، كما يتلف الجذور المخزنة لنبات البطاطا أثناء التخزين مسبباً لها عفناً طرياً. كما يهاجم الفطر *Mucor racemosus* كثير من الثمار أثناء التخزين. ويزداد الأمر خطورة إذا عرفنا أن الفطر *Absidia corymbifera* وبعض أنواع جنس *Mucor* و *Rhizopus* فطريات ممرضة للإنسان بالإضافة، فإن بعض أنواع جنس *Syzygites* , *Spinellus* متطفلات على فطريات عيش الغراب.

من ناحية أخرى يظهر الوجه المشرق للكثير من أفراد هذه الرتبة، حيث تستخدم صناعياً لإنتاج الكثير من المواد العضوية والغذائية. فبعضها ذو مقدرة خاصة على الإنتاج

الوفير لإنزيم الأميلاز والرينين والأحماض العضوية. ومختلف المركبات ذات العلاقة بالأيض الحيوى الثانوى. ويستخدم الفطر *Rhizopus stolonifer* فى الإنتاج الصناعى لحمض الفيوماريك وحمض اللاكتيك وفى بعض مراحل تصنيع الكورتيزون. كما تنتج بعض الأنواع أحماض الستريك واللكتيك، والاكساليك. كما تستخدم بعض أنواع *Rhizopus* ، *Mucor* ليس فقط فى تحلية الأرز، ولكن فى إنتاج الكحول من السكر الناتج. وبعض الأنواع تستخدم فى إنتاج أغذية شائعة فى آسيا مثل السوفو (الجبن الصينى) و tempeh وهو الناتج شبيه الكيك من فول الصويا، بالإضافة إلى إنتاج الكثير من مكسبات طعم اللحم من المواد النباتية.

التراكيب الجسدية Somatic structures

الثالوس فى الفطريات الميوكورية ميسليوم مدمج خلوى جيد التكوين. ذو حركة سيتوبلازمية نشطة. يندر حدوث الإقتران الجسدى anastmoses. لذلك. فإنها لا تعطى شبكة ميسليومية كما فى الفطريات الأسكية أو البازيدية.

لا تظهر الجدر العرضية إلا لكى تفصل الاسبورانجيات أو الجاميطات عن الميسليوم أو الخلايا الكبيرة العمر أو التالفة.

العضيات فى الهيفا لا تختلف عن غيرها من الفطريات. النمو الطرفى هو السائد، وتوجد عدة أنوية فى المدمج الخلوى.

بعض الأنواع تعطى ما يسمى بأشباه الجذور rhizoids. تنشأ فى نقاط تلامس الميسليوم مع الطبقة التحتية الصلبة، حيث ترى بسهولة على المزارع الأجارية ملتصقة مع الطبقة التحتية. والجزء من الهيفا الذى يربط بين أشباه الجذور يسمى الهيفا الجارية Stolon. وبعض الأنواع تحت ظروف بيئية خاصة تنمو على الشكل الخمائرى، وهو أكثر شيوعاً فى أجناس *Benjaminiella, Mycotypha*.

التكاثر اللاجنسى Asexual reproduction

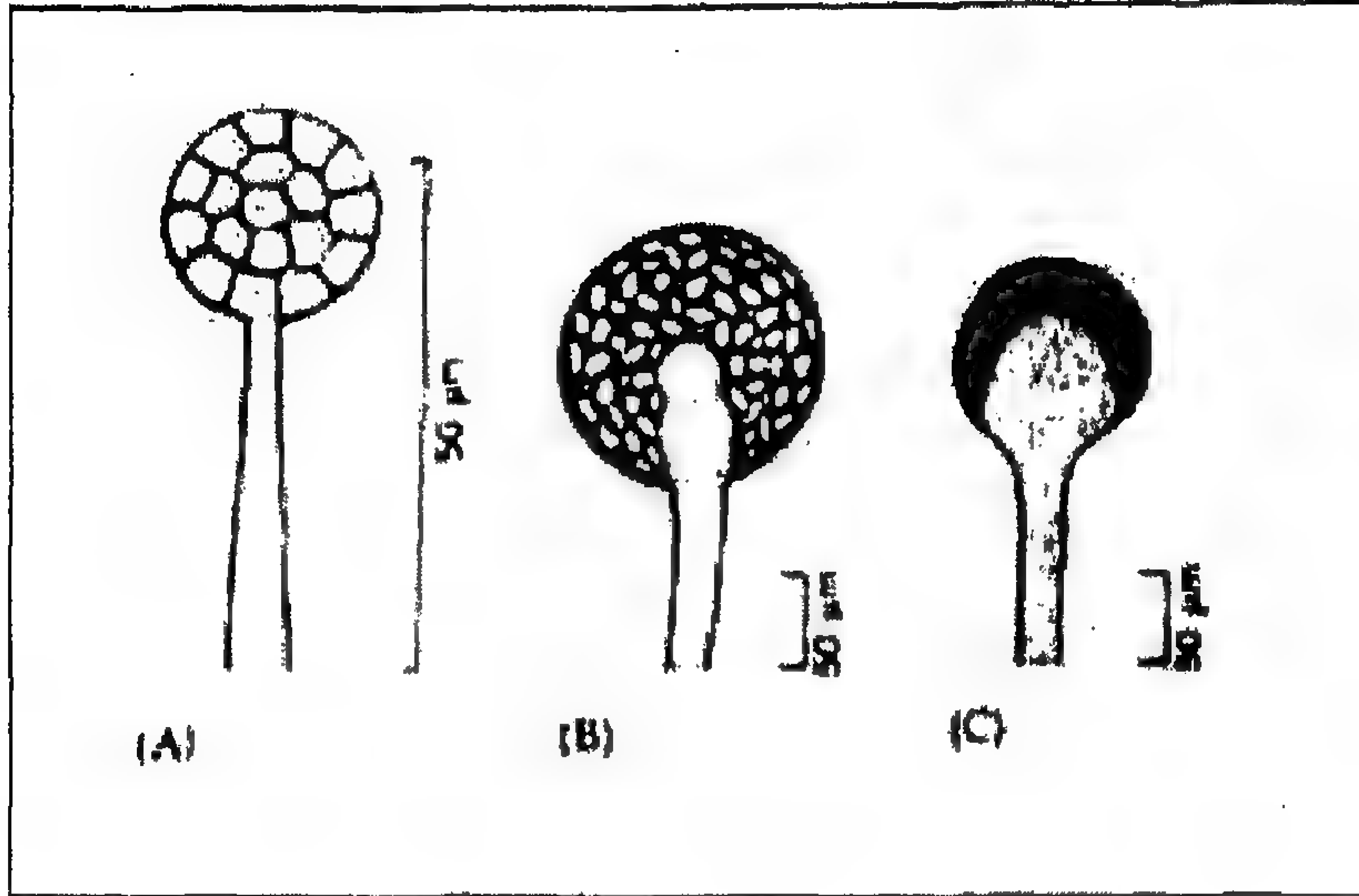
تنشأ الجراثيم اللاجنسية metospores والتى تعرف بالجراثيم الاسبورانجية أما داخل أكياس اسبورانجية كبيرة metosporangia وصغيرة metosporangiola. تتولد الأكياس على حامل اسبورانجى يبدأ فى الظهور على مسافة قصيرة من طرف الهيفا النامية. فى المراحل الأولى لنشأة الكيس، يتكون انتفاخ كروى تتجمع داخله الأنوية والسيتوبلازم والذى يتدفق من الهيفا الجسدية عبر الحامل الاسبورانجى. تبدأ نشأة الجراثيم داخل الانتفاخ أولا بعملية اندماج للحويصلات vesicles النشطة لتعطى جهاز أنبوبى متشعب عبر السيتوبلازم، وتصبح هذه الأغشية المنشقة هى الغشاء البلازمى للجراثيم الوليدة ما إن تنفصل، أما العويميد Collumella والذى يوجد داخل الأكياس فى بعض الأنواع، كما يشاهد فى الفطر *Gilbertella persicaria* فهو ينشأ بعملية إنفصال الأغشية والتى تتشابهة تماماً مع الجهاز المنشق السابق وصفه.

فى الكييسات metosporangiola والتى تحوى عدد قليل من الجراثيم، فتتكون الجراثيم بنفس الطريقة السابق وصفها، وفى حالة merosporangia فى الفطر *Syncephalis sphaerica*، فإن الغشاء البلازمى يتعقد بصورة منتظمة معطياً عدد ثابت من الجراثيم المتموضعة فى صف واحد، أما الجرثومة فى الكييسات وحيدة الجرثومة فهى تنشأ بعملية تصلب جدار الجرثومة والذى يبدو أنه يترسب داخل جدار الكيس.

يختلف شكل جدار الكيس عن جدار الحامل الاسبورانجى الذى يحمله، فهو قد يتميع تماماً ويتلاشى عند النضج، أو يذوب فى إفراز عند النضج، أما فى بعض الحالات فجدار الكيس يستمر تواجده بعد النضج.

يعتبر شكل الكيس الاسبورانجى أحد المعالم التقسيمية الهامة لهذه الرتبة، بالإضافة للتعقيدات التى تحدث لشكل الحامل الاسبورانجى. تأخذ بعض الأكياس الشكل البيضى

المنعكس أو الكمثرى المنعكس، حيث يتوقف شكل الكيس على شكل الإتساع الحادث للحامل الاسبورانجي مباشرة أسفل الكيس وهو ما يعرف بـ apophysis (شكل ٤-٣-١-١-ب).



شكل (٤-٣-١-١-ب) نماذج من الأكياس الاسبورانجية عديدة الجراثيم:

(A) الكيس اللاعويميدى للفطر *Dissophora decumbens*.

(B) الكيس العويميدى من النوع non-apophysate فى الفطر *Choanephora trispora*، حيث يتكون العويميد بداخله داخل الكيس.

(C) الكيس الاسبورانجي العويميدى من النوع apophysate للفطر *Rhizopus stolonifer*، حيث الكيس يعلو العويميد.

ويلاحظ فى الجنس *Fennellomyces* وجود انتفاخ غير منتظم أسفل الـ apophysis يطلق عليه الحوصلة التحت اسبورانجية Subsporangium vesicle. بعض الحوامل الاسبورانجية ذات اختناق أسفل الكيس مباشرة ويسمى non-apophysate، أما الشكل الدورقى للجنس *Sakseneae* إما يشبه العظمة (ذو الانقباض) فى الجنس *Halteromyces* أو ثنائى التفصيص أو الاسطوانى ذو النتوء الشبيه بالقرن hornlike كما فى الجنس *Echinosporangium*.

بعد نضج الجراثيم الاسبورانجية، فإنها تتماسك في كتلة جافة أو رطبة، وتساعد هذه الظروف على إنتشار الجراثيم إما عن طريق تيارات الهواء أو بالتلامس المباشر مع أي كائن، أما الجنس *Pilobolus*، فإن الكتلة الاسبورانجية تنطلق بقوة من على الحامل الاسبورانجي.

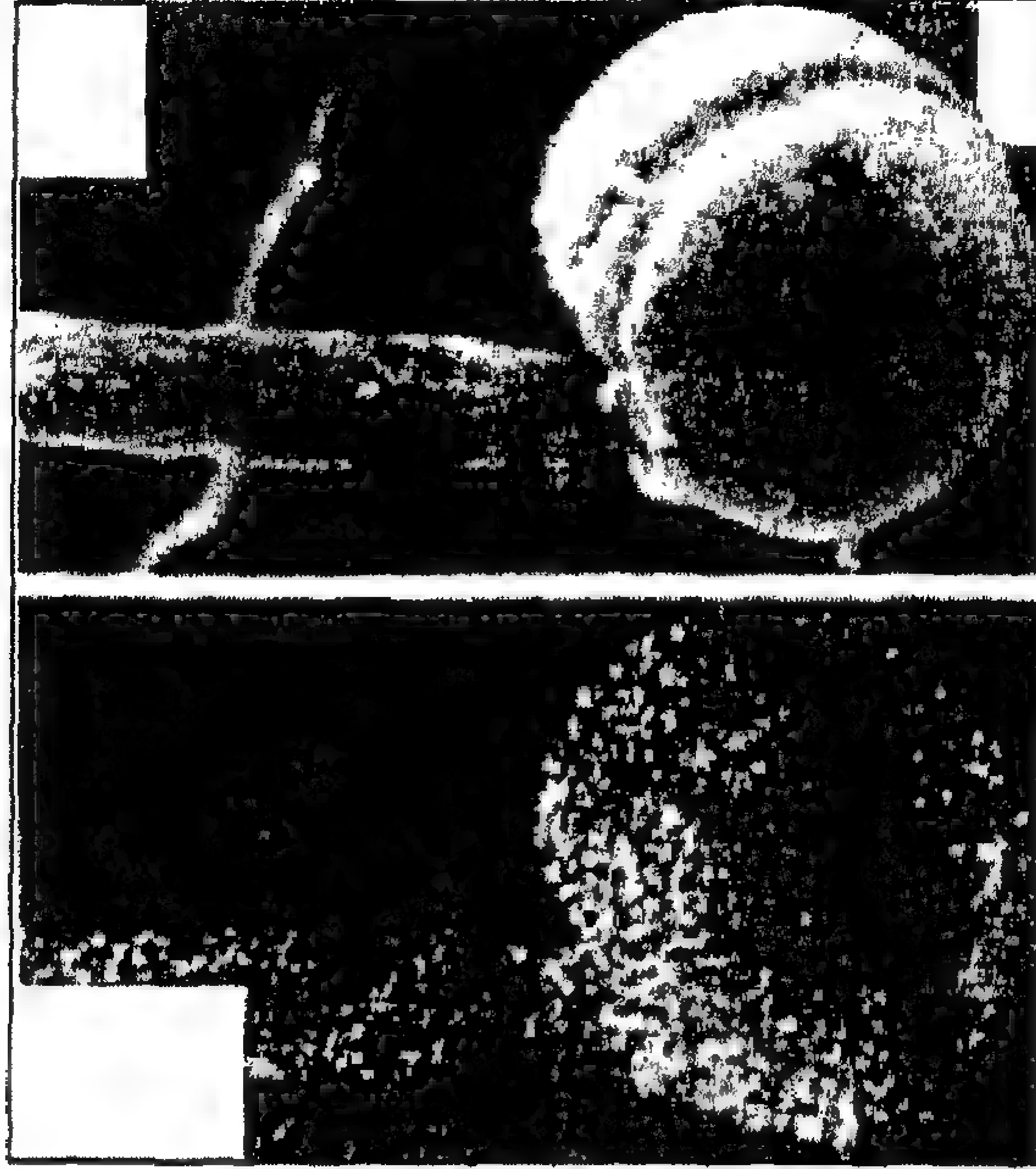
يختلف شكل الجراثيم الاسبورانجية في الميوكورات في الشكل والحجم والعلامات المنمنة على جدار الجرثومة وفي اللون. وغالباً فالجراثيم كروية إلى بيضاوية، ملساء الجدار، شفافة، وفي بعض الأنواع فهي إسطوانية وبعضها مخطط طولياً، وقد توجد شعيرات خشنة طويلة في أطراف بعض الجراثيم والجرثومة قد تكون وحيدة النواة أو عديدة الأنوية.

وعلى أسطح التراكيب الهوائية، فقد أظهرت صور الميكروسكوب الالكتروني الماسح وجود بلورات اكسالات الكالسيوم، حيث يعتقد أنها تلعب دوراً في تقوية جدار الكيس الاسبورانجي أو قد تحميه من تأثير العصارات الهاضمة لبعض الحيوانات الصغيرة (شكل ٤-٣-١-١-جـ).

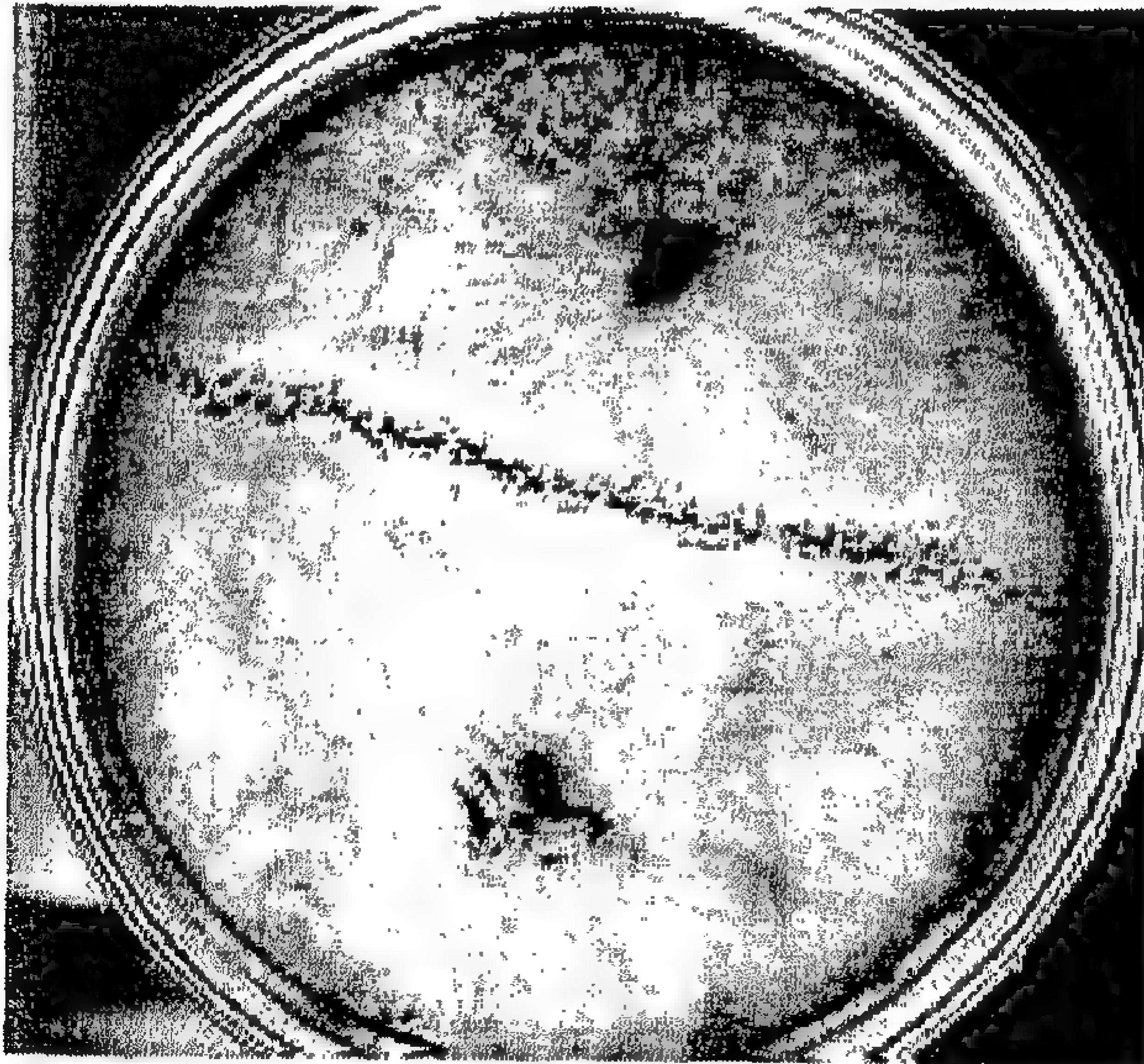
بعض الأنواع تتكاثر لاجنسياً بتكوين جراثيم مفصلية أو كلاميدية أو خلايا خمائرية. تنتج هذه التراكيب بالإضافة للجراثيم الاسبورانجية، وفي حالة تواجدها تعد ميزة تقسيمية هامة.

التكاثر الجنسي Sexual reproduction

تضم رتبة الميوكورات أنواعاً متجانسة الثالوس وأخرى غير متجانسة، حيث يتطلب حدوث التكاثر الجنسي وجود عزلتين متوالفتين جنسياً لكي يتم تكوين الجرثومة الزيجية (شكل ٤-٣-١-١-د).



شكل (٤-٣-١-١-جـ) توزيع بلورات أكسالات الكالسيوم على الكيس الاسبورانجى فى الفطر *Gilbertella persicaria*



(شكل ٤-٣-١-١-د) : طبق بتري وقد زرع بعزلتين متوالفتين من الفطر *Phycomyces blakesleeanus* حيث يشاهد تكوين الجراثيم الزيجية فى خط تلاقى العزلتين.

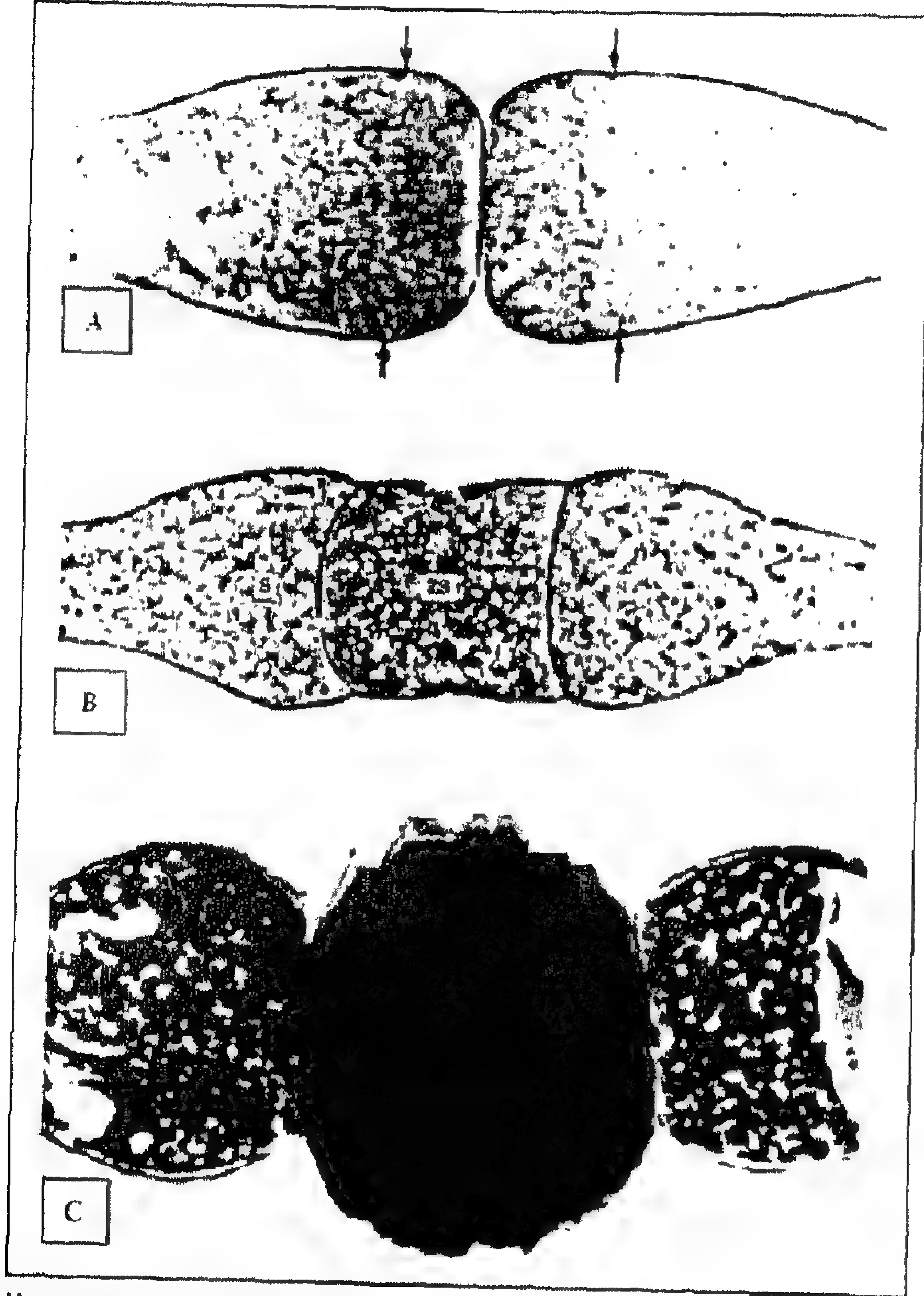
يتم التكاثر الجنسى باندماج جاميطتين عديدتا الأنوية ذواتا تركيب متماثل إلا أنهما قد يختلفا حجماً. وطبقاً للنوع، فالجاميطات قد تظهر من الهيفا الجسدية مباشرة، أو من فرع هيفى متخصص يسمى الحامل الزيجى Zygophore. هذه التراكيب، بالرغم من أنها لا تنتج فى كل الميوكورات، تنشأ نموذجياً بالقرب من قمم الهيفات النامية النشطة، وفى بعض الأنواع قد تحتوى على كميات كبيرة من مركب بيتا-كاروتين.

فى حالة الأنواع غير المتوالفة جنسياً، تحدث عملية تكوين الجراثيم الزيجية فقط فى وجود كلا العزلتين المتوالفتين فى نفس الطبق المزرعى، وإذا ما حدث، تنمو الحوامل الزيجية من الهيفا المنشأة لها وهى شديدة الإنتحاء الزيجى Zygotrophic، حيث تنمو كل منهما فى إتجاه الأخرى من مسافة قد تزيد عن عدة ملليمترات. وعندما تتلامس الحوامل الزيجية معاً، تنتفخ أطرافها مكونة بادئات الجاميطات Progametangia، والتى تلتحم معاً طرفياً، بعدها يبدأ تكوين الحاجز الاندماجى fusion septum (شكل ٤-٣-١-١-هـ)، حيث تظهر الحواجز العرضية لكى تفصل قمم البادئات، أما بقية البادئ فيصبح ما يسمى بالمعلق Suspensor. يذوب الحاجز فى منطقة التلامس، تختلط بروتوبلاست كلا الجاميطتين (إتحاد بلازمى)، وقد يحدث الإندماج النووى مباشرة بعد الاتحاد البلازمى، وقد يتأخر إلى ما قبيل إنبات الجرثومة الزيجية.

الخلية الناشئة عن الإقتران، تستطيل وتنمو ويظهر لها جدار سميك متعدد الطبقات وتصبح حافظة زيجية Zygosporangium، حيث يتكون داخلها جرثومة زيجية واحدة يترسب الجدار الثانوى مسبباً زيادة فى سمك الحافظة الزيجوسبورانجية، وتتلون، ويؤدى التغليظ الموضعى لظهور المنممات التى تميز الأنواع.

قد يكون جدار الحافظة الزيجية داكن إلى كربونى "معتم" أو أفتح لوناً أو شفاف.

والحافظة الزيجية الناضجة كروية بصورة أو بأخرى. والجرثومة الزيجية شفافة ذات جسم دهنى مفرد يتوضع جانبيا بالنسبة للمركز بالرغم من أن الجراثيم قد تحتـوى علـى قطـرات زيتيـة صغيرة.



(شكل ٤-٣-١-١-هـ): مراحل تكوين الجرثومة الزيجية فى الفطر *Gilbertella persicaria*

(A) الجاميطات وقد تلامست أطرفها.

(B) تكوين الحاجز العرضى الذى يفصل اللاقحة عن الجاميطات.

(C) الجرثومة الزيجية الناضجة.

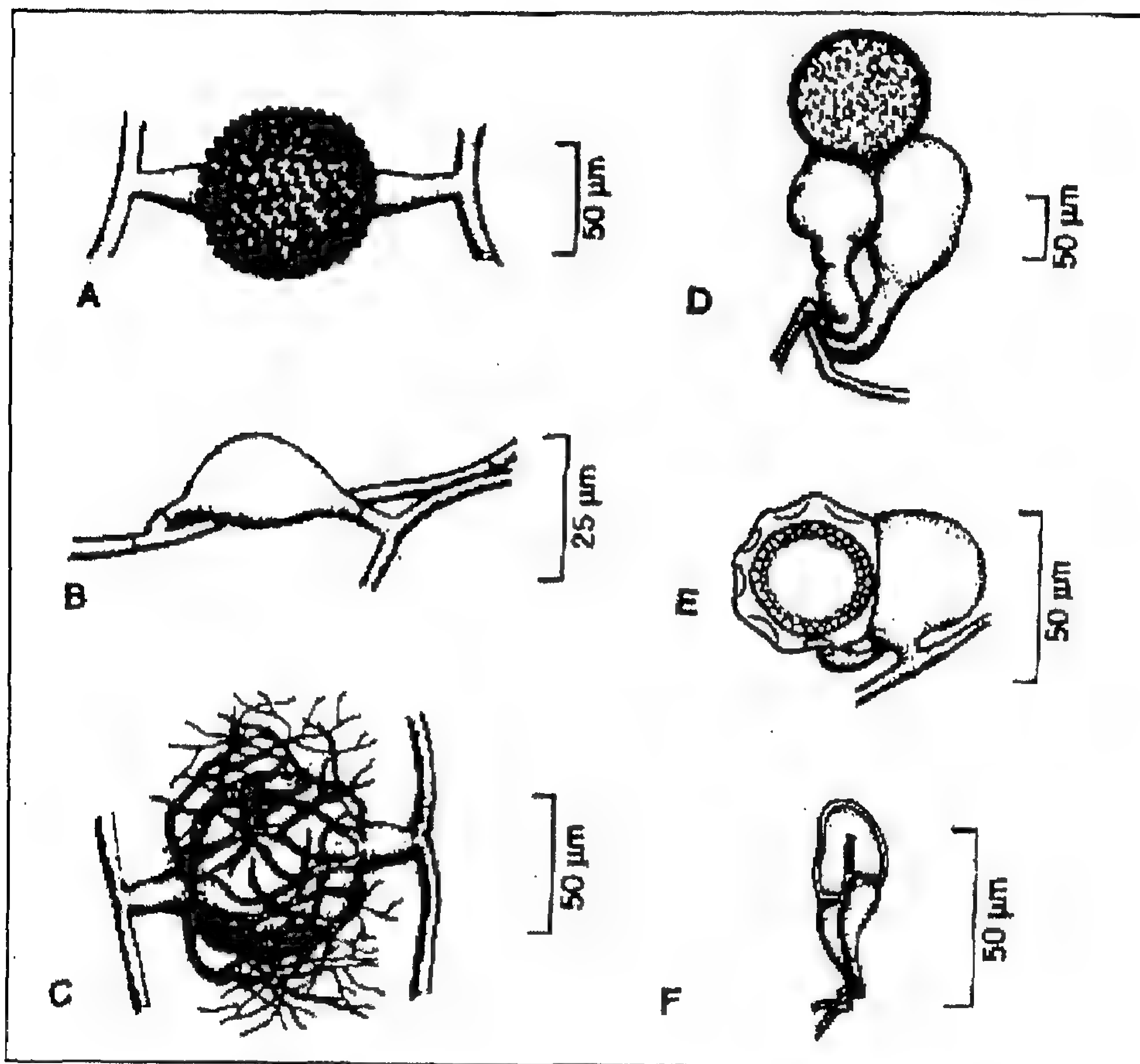
تحدث عملية الاندماج النووى فى الجرثومة الزيجية، بالرغم من أن تكوين الجراثيم الزيجية لا يعنى بالضرورة حدوث التكاثر الجنسى، فالجراثيم اللازيجية azygospores فى الميكورات هى تراكيب تشبه الجراثيم الزيجية ظاهرياً، إلا أنها تنشأ بكرياً Parthenogenetically بدون حدوث إقتران بلازمى أو نووى، وغالباً يكون لها معلق Suspensor جيد التكوين.

يعد التركيب الشكلى للمعلق من الصفات التقسيمية الهامة، فالجراثيم الزيجية ذات المعلق المتوضع على كلا جانبى الحافظة الزيجية Opposed يتكون غالباً فوق سطح الطبقة التحتية، أما تلك ذات المعلق الجانبى apposed فتنشأ داخل الطبقة التحتية. وتعتبر المعلقات على جانبى الجرثومة من مميزات بعض فصائل رتبة الميكورات، وفى غالبية أجناس الميكورات يكون المعلق متماثل isogamous أى أنه متشابه شكلاً وحجماً وتركيباً، أما المعلقات المتباينة heterogamous فهى المختلفة شكلاً وحجماً، موجودة فى بعض الأنواع.

فى بعض الحالات قد تتكون على المعلق زوائد Suspersor appendages لأنواع بعض الأجناس مثل *Absidia, Phycomyces, Mortierella* (شكل ٤-٣-١-١-و).

يصعب غالباً استنبات الجراثيم الزيجية، ولم تعرف على وجه التحديد العوامل الفسيولوجية المؤدية للإنبات، ويبدو أنها تتباين من نوع لآخر، وتتراوح فترة السكون فى بعض الأنواع من ٤ إلى ١١ يوم، كما فى النوع *Syzygites megalocarpus* وإلى فترة تتراوح من ٦ إلى ٧ أشهر فى بعض أنواع جنس *Rhizopus*. ويبدو أن عمليات مثل التجفيف والخربشة والضغط قد تنشط الإنبات. تنبت الجراثيم الزيجية بإعطاء أنبوبة هيفية أو حامل اسبورانجى مميز للنوع.

يحدث الإنقسام الإختزالى داخل الجرثومة الزيجية قبل أو عند إنباتها، والجراثيم داخل الكيس الوليد قد تختلف فى الجينات الخاصة بالتوالف، ويبدو أنها تقع فى عدة مجاميع توالفية.



(شكل ٤-٣-١-١-و) نماذج من الجراثيم الزيجوسبورانجية ذات المعلق متماثل من الجانبين (A-C) opposed والغير متوضع على جانبى الجرثومة (A-F) apposed للمعلقات:

Syncephalostrum racemosum (A)
Coemansia mojavensis (B)
Radiomyces spectabilis (C)
Pilobolus kleinii (D)
Mortierella epigma (E)
Piptocephalis cylindrospora (F)

أولى المجموعات هى المتولفة ذاتياً، حيث تعطى كل الجراثيم بإنباتها ميسليوم متوالف ذاتياً، والمجموعة الثانية ويمثلها الفطر *Mucor mucedo* وغيره من الأنواع غير المتوالفة، فإن كل الجراثيم تقع فى أحد الأنماط إما (+) أو (−). المجموعة الثالثة ويمثلها الفطر *Phycomyces nitens*، حيث يحوى الكيس ثلاثة أنماط (+) و (−) و (±). المجموعة الرابعة ويمثلها الفطر *Rhizopus stolonifer* فالجراثيم إما (+) أو (−) أو خليط من (+) و (−).

تعتبر عملية تكوين الجراثيم الزيجية فى الطبيعة من الأمور قليلة الحدوث، وقد يرجع ذلك فى المقام الأول لآلية عدم التوافق الجنسى، ومن ناحية أخرى. فقد أمكن إصطياد جراثيم زيجية للفطر *Choanophora trispora* من الهواء، لذلك يعتقد أن الجراثيم الزيجية تلعب دوراً هاماً فى الحفاظ على الأنواع، على الأقل فى بعض الحالات.

التقسيم

مفتاح مبسط لفصائل رتبة الميكورات

١- الاسبورانجيات منتفخة فى القاعدة، ضيقة فى القمة lageniform. عديدة الجراثيم. الجراثيم الاسبورانجية شفافة، ملساء الجدار، عديمة الزوائد.........................٢

- الاسبورانجيات عادة كروية إلى هرمية مقلوبة ولكنها ليست lageniform.......٣

٢- تتولد الإسبورانجيات مفردة أو فى أزواج، توجد أشباه جذور

Family Saksenaeceae

- تتولد الإسبورانجيات رأسياً، توجد أشباه جذور

Family Absidiaceae

٣- تتكون الاسبورانجيات فى ثمرة جرثومية

Family Mortierellaceae

- لا تتكون الاسبورانجيات فى ثمرة جرثومية........................٤

٤- تتكون ميروسبيورانجيات وحيدة الجرثومة أو عديدة الجراثيم على حوصلة خصبة

Family Syncephalastraceae

- لا تتكون ميروسبورانجيات، توجد سبيورانجيات أو إسبيورانجيولات..........٥

٥- الجراثيم الاسبورانجية مغزلة إلى مغزلية عريضة. ذات زوائد طرفية شعرية شفافة، الاسبورانجيات ليست أبوفستية، ثابتة الجدار، تتمزق بإنتظام إلى ٢ أو بدون نظام إلى ٣-٤ أجزاء من مناطق أخدودية سابقة التكوين...................................٦

- الجراثيم الإسبورانيجة تختلف عما سبق، ملساء الجدار عادة. نادراً ما تكون منمنمة أو ذات زوائد، جدار الكيس الاسبورانجي سريع الزوال. إذ كان ثابتاً، يتجزأ بدون نظام، قد تغيب الإسبورانجيات وحينئذ لا تتكون سوى الإسبورانجيولات...٧

٦- جدار الجرثومة الاسبورانجية بني شاحب إلى بني - محمر، توجد أسبورانجيات فقط، أو قد تتكون معها سبورانجيولات (على حوامل منفصلة) على الأوساط الغذائية الغنية، يتلون الميسليوم باللون الأصفر (صبغة كاروتين) الحافظة الإسبورانجية ملساء. رقيقة، شفافة الجرثومة الزيجية ذات لون بني محمر، الجدار مخطط، المعلق يتوضع على جانبي الجرثومة الزيجية Opposed

Family Choanephoraceae

- جدار الجراثيم الاسبورانجية شفاف، لا تتكون سوى الأسبورانجيات، الميسليوم شفاف، الحافظة الزيجية ذات نتوءات ثؤلولية بنية - مسودة، المعلقات متقابلة التوضع opposed

Family Gilbertellaceae

٧- الإسبورانجيولات وحيدة أو عديدة الجراثيم. عديمة العويميد acolumellate، الميسليوم متناهى الدقة

Family Mortierellaceae

- لا توجد هذه الخواص مجتمعة، الإسبورانجيات عويميدية، الإسبورانجيولات عويميدية أو لا عويميدية، أحياناً تنشأ من حافظة ميسليومية جيدة التكوين........٨

٨- الإسبورانجيات لا تتكون إطلاقاً، الإسبورانجيولات وحيدة أو عديدة الجراثيم، ذات نتوء صغير، ينشأ من حافظة ميسليومية خصبة................................٩

- تتكون اسبورانجيات، أحياناً توجد إسبورانجيولات.......................١٤

٩- تنشأ الحوصلة من حوصلة أولية، الحامل الاسبورانجي وحيد التفرع، وحيد أو عديد الجراثيم. الجراثيم ذات نتوء أو أسنان، توجد اسبورانجيولات عويميدية، الجراثيم الزيجية - إن وجدت - ذات جدار أملس - المعلقات ذات زوائد

Family Rodiomycetaceae

- لا تجتمع الصفات السابقة، الحوصلات الخصبة تنشأ طرفياً على حامل اسبورانجي أو فريعاته، أو على حافظة جانبية، الإسبورانجيولات عويميدية أو ليست عويميدية، قد توجد أحياناً أشواك عقيمة...............................١٠

١٠- الإسبورانجيولات عويميدية، أحادية أو عديدة الجراثيم، مترممات أو متطفلات منسببة لأورام على غيرها من الفطريات قد يحمل الحامل الإسبورانجي أشواك عقيمة.....١١

- الاسبورانجيولات لا عويميدية، وحيدة أو عديدة الجراثيم لا توجد أشواك عقيمة على الحوامل الجرثومية.......................................١٢

١١- الإسبورانجيولات وحيدة الجرثومة، الحوامل الجرثومية ذات أشواك عقيمة

Family Chaetocladiaceae

- الإسبورانجيولات عديدة الجراثيم، لا توجد أشواك عقيمة على الحوامل الجرثومية

Family Thamnidiaceae

١٢- الجراثيم الاسبورانجية ذات جدار بني شاحب إلى بني محمر، مخططة، الجراثيم الزيجية ذات معلقات متباينة التوضع

Family Choanophoraceae

- الجراثيم الإسبورانجية شفافة الجدار، ملساء أو شوكية، الجرثومة الزيجية ذات معلقات جانبية..١٣

١٣- الحوامل الجرثومية غالباً متفرعة، الحويصلات طرفية وجانبية. الإسبورانجيات وحدة الجرثومة، ذات قدم صغيرة monomorphic، تنتشر الجراثيم بتمزق القدم عشوائياً، أو يذوبان جدار الكيس، لا توجد خلايا خمائرية

Family Cunninghamellaceae

- الحوامل الجرثومية بسيطة، نادراً ما تتفرع لفرع أو فرعين، الحويصلات طرفية، الاسبورانجيولات وحيدة أو عديدة الجراثيم. القدم (النتوء)، أحادى أو ثنائى التشكل، الجراثيم الإسبورانجية تنساب بتمزق القدم، جدار الإسبيورانجيولات ثابت، منفصل عن جدار الجرثومة الإسبورانجية، الخلايا الخمائرية تتكون بعد إنبات الجراثيم على الأوساط الغذائية القوية

Family Mycotyphaceae

١٤- جدر الاسبورانجيات زائلة، للاسبورانجيولات جدار ثابت

Family Thamnidiaceae

- الإسبورانجيات ثابتة، الاسبورانجيولات ذات جدار ثابت أو زائل............١٥

١٥- الإسبورانجيات ± إنتفاخ فى نهاية الحامل apophysate

Family Mucoraceae

- الاسبورانجيات عديمة الانتفاخ القاعدى، الحامل الجرثومى أحياناً ذات حوصلة vesiculate، أو مخنوق أسفل الإسبورانجيوم...................................١٦

١٦- جدار الكيس الاسبورانجى بنى مسود إلى أسود، ذات حوصلة غذائية أحياناً، قد تتكون حوصلة تحت إسبورانجية، كروية أو مخروطية متسعة، ينطلق الكيس الإسبورانجى بأكمله بانهيار الحوصلة التحت اسبورانجية، أو عن طريق تمزق Cicumsicissile

للاختناق بين جدار الكيس والحامل الجرثومي. وأحياناً ينطلق بقوة، الحامل الزيجي أصغر عادة، المعلقات متباينة التموضع، الحافظة الجرثومية رقيقة، شفافة

Family Pilobolaceae

– لا تتجرر الأكياس الاسبورانجية كما سبق. الحوصلة التحت اسبورانجية صغيرة أو غير موجودة، نصف كروية ذات اسبورانجيوم سريع الزوال، معلق الجرثومة الزيجية متجانس التموضع ويشبه اللسان.. ١٧

١٧– الحامل الجرثومي غير متفرع، عادة أخضر مزرق، حوامل الجرثومة الزيجية تشبه اللسان، ذات زوائد متفرعة

Family Phycomycetaceae

– الحامل الجرثومي متفرع أو غير متفرع. لا يكون أخضر مزرق مطلقا. معلقات الجرثومة الزيجية جانبية التموضع بدون زوائد

Family Mucoraceae

٤-٣-١-١-١ الفصيلة الميوكورية

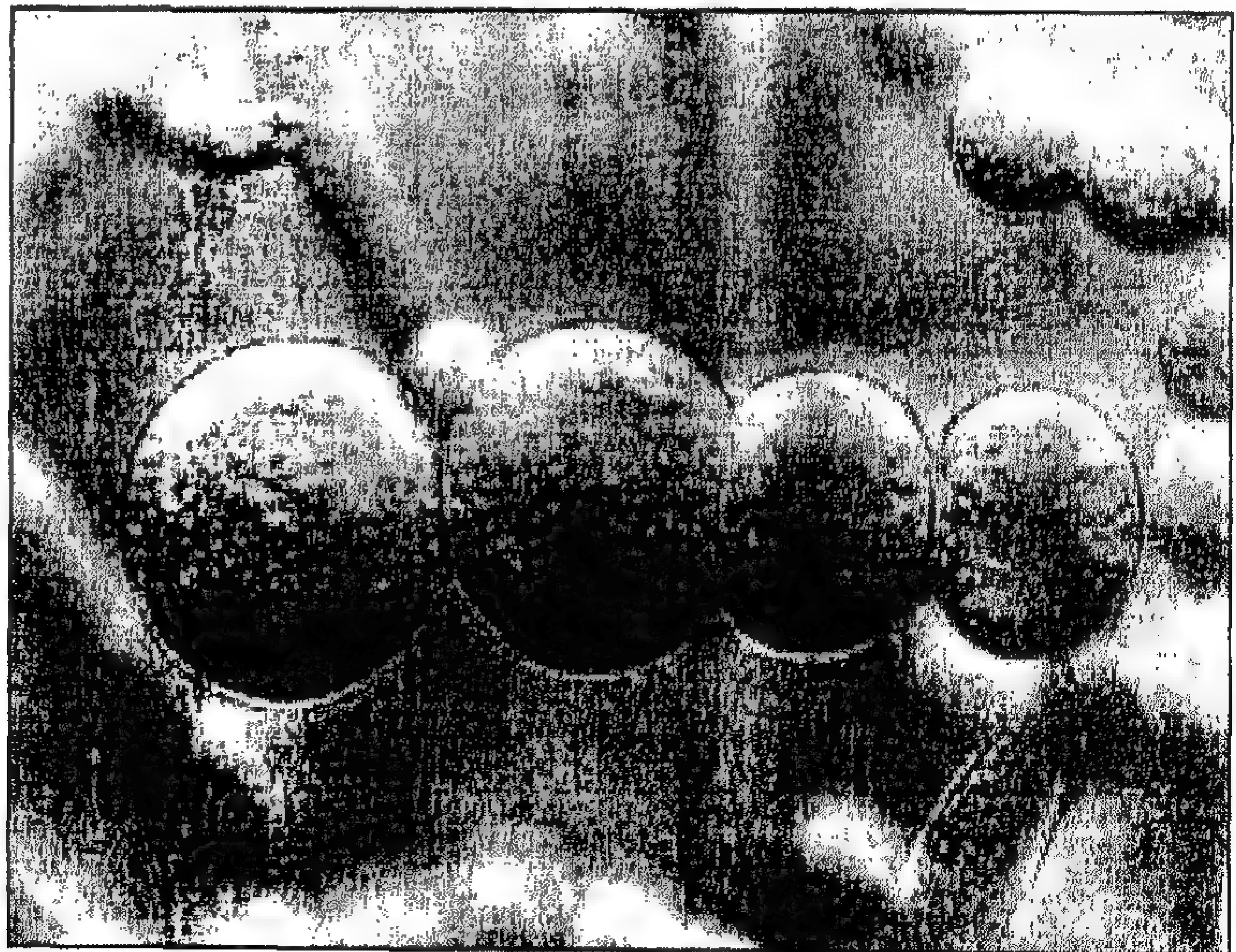
Family Mucoraceae

هي أكبر فصائل رتبة الميوكورات، حتى بعد أن اختزلت بواسطة Von Arx عام ١٩٨٣ تحوى الأجناس *Actinomuor, Mucor, Thermomucor, Zygorhynchus, Parasitella, Rhizomucor, Circinella*. جميع هذه الأجناس ذات أسبورانجيات nonapophysate ذات الجدار الثابت أو سريع التلاشي، غالباً يوجد إنقباض ضعيف في الحامل الاسبورانجي مباشرة أسفل الكيس الجرثومي. للجراثيم الزيجية معلقات عديمة الزوائد متموضعة على جانبي الجرثومة Opposed.

يعد الجنس *Mucor* هو الأكثر شيوعاً وانتشاراً فى الطبيعة، فهو يوجد فى التربة وعلى الخضروات المتحللة والروث وكثير من الأوساط الرطبة ، للكيس الاسبورانجى عويميد Collumellae يتولد بأكمله داخل جدار الكيس الاسبورانجى، ينهار العويميد بدون نظام. فى الغالب يزيد طول الجرثومة الاسبورانجية عن ٥ ميكرومتر ذات جدر ملساء أو ذات أشواك.

يمكن لبعض أنواع هذا الجنس النمو فى الظروف اللاهوائية وعادة ما تسبب فساداً للمواد المتخمرة، يبدو النمو مشابهاً لنمو الخميرة (شكل ٤-٣-١-١-١-١)، وتكون بعض الخلايا كبيرة الحجم للدرجة التى يمكن أن تميزها عن الخميرة، ويؤدى تنمية هذه الخلايا فى الظروف الهوائية لتكوين نمواً ميسليومياً، كما وجد أن بعض أنواع هذا الجنس تعطى نمواً خمائرياً إذا ما نميت على أوساط غذائية تحتوى على تركيزات عالية من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم).

يضم الجنس *Mucor* ما يزيد عن العشرين نوعاً. إلا أن أكثرهم إنتشاراً وأهمية هى الأنواع *M. racemosus, M. plumbeus, M. piriformis, M. hiemalis, M. circinelloides*، ويمكن التمييز بين هذه الأنواع طبقاً للمفتاح التالى :



شكل (٤-٣-١-١-١-١): النمو الخمائرى للفطر *Mucor plumbeus* فى وسط سائل تحت ظروف النمو اللاهوائية (500 X).

مفتاح مبسط لبعض أنواع جنس *Mucor*

١- النمو الميسليومى جيد على درجة ٣٧°م *M. circinelloides*

- لا يوجد نمو على درجة ٣٧°م..(٢)

٢- العويميد ذو انغماد غير منتظم فى قمته، الجراثيم الاسبورانجية ذات أشواك دقيقة *M. plumbeus*

- العويميد ليس له إنغماد قمى، الجراثيم الاسبورانجية ذات جدار أملس..........(٣)

٣- قطر العويميد ٥٠-١٠٠ ميكرومتر، نمو الفطر على الوسط الغذائى G25N(*) ضعيف أو غير موجود *M. piriformis*

- قطر العويميد عادة أقل من ٥٠ ميكرومتر، مستعمرة الفطر على الوسط الغذائى G25N أكبر من ١٠مم فى القطر..(٤)

٤- الجراثيم الكلاميدوكونيدية تتكون بوفرة، تظهر بوفرة تحت الميكروسكوب *M. racemosus*

- لا توجد جراثيم كلاميدوكونيدية أو تتكون بأعداد قليلة *M. hiemalis*

النوع *Mucor circinelloides*

على الوسط الغذائى CYA(*) على درجة ٢٥° م يعطى الفطر مستعمرة يصل قطرها إلى ٦٠مم أو أكثر، يظهر النمو رمادى فاتح أو مصفر، والناحية الأخرى من الطبق عديمة اللون، يتولد الحامل الاسبورانجي من الهيفا الهوائية وتكون الجذيعات stipes متفرعة، غالباً عقربية، الأكياس الاسبورانجية كروية، قطرها ٢٥-٥٠ ميكرومتر، قد تصل أحياناً إلى ٨٠ ميكرومتر، العويميد كروى مجعد، يصل قطره إلى ٥٠ ميكرومتر، الجراثيم الاسبورانجية شفافة على شكل قطع ناقص ellipsoidal، يصل طول الجرثومة ٤,٥ — ٧ ميكرومتر، ذات

(*) 25% glycerol nitrte agar = G25N

(*) Czapek yeast extract agar = CYA

جدار أملس. الكلاميدوكونيديات غير شائعة، كروية، إسطوانية أو غير منتظمة، يصل قطرها إلى ١٥ ميكرومتر ولا تتكون الجراثيم الزيجية في المستعمرات وحيدة النسيلة.

ينمو الفطر على درجة ٣٧° م وينمو بصورة ضعيفة على درجة ٥° م. كما يمكن للفطر النمو على الأوساط الغذائية المحتوية على ١٥٪ كلوريد صوديوم، ولكنه لا ينمو على الأوساط المحتوية على ٢٥٪ كلوريد الصوديوم.

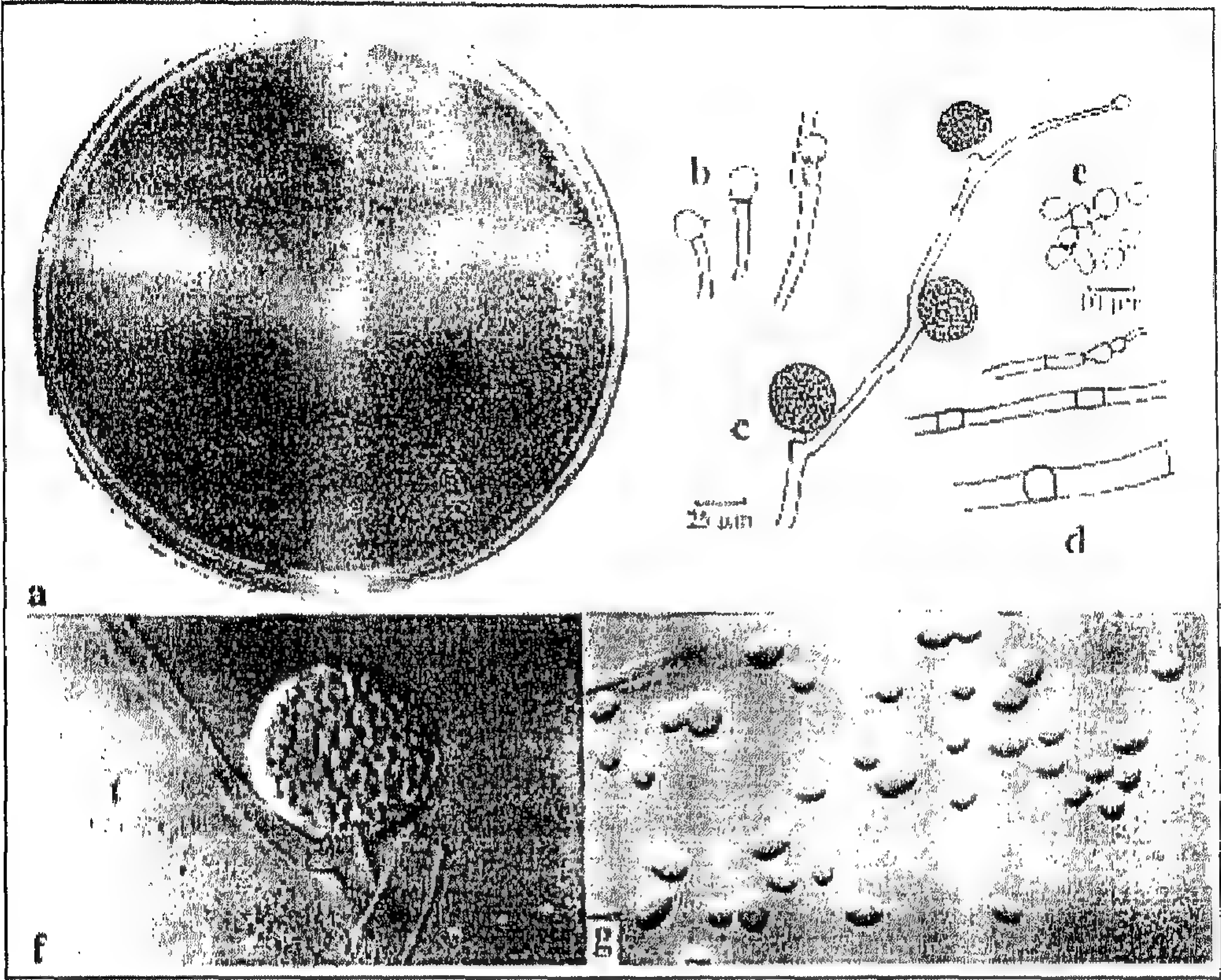
أمكن عزل هذا النوع من الجبن الفاسد وكذلك من البطاطا، كما أنه قادر على إصابة ثمار المانجو، كما أمكن عزله من اللحوم وكذلك من ثمار البندق والجوز ومن حبوب الذرة وبذور اللوبيا وبذور فول الصويا وحبوب الشعير ولم يثبت أن هذا النوع يفرز سموم فطرية (شكل ٤-٣-١-١-٢).

النوع ***Mucor hiemalis***

على الوسط الغذائي CYA(*) ينتشر الفطر بكامل الطبق البترى، ويكون النمو مفكك نسبياً، رمادى ومن الناحية العكسية للطبق شاحب. يعطى الفطر مستعمرة قطرها ٢٠-٣٠مم على درجة ٥° م ولا يتمكن من النمو على درجة ٣٧° م.

تتولد الحوامل الاسبورانجية هوائياً (شكل ٤-٣-١-١-١-٣)، وتكون الجذيعات stipes غير متفرعة، التوضع العقربى أقل شيوعاً، يصل قطر الكيس الاسبورانجى إلى ٦٠ ميكرومتر، الجراثيم الاسبورانجية شفافة على شكل مجسم ناقص ضيقة إلى عريضة أو كلوية الشكل، طولها ٥-١١ ميكرومتر ذات جدار أملس، الكلاميدوكنيديات غير شائعة، كروية إلى اسطوانية أو غير منتظمة، يصل قطرها إلى ١٥ ميكرومتر، لا تتكون الجراثيم الزيجية فى المستعمرات وحيدة النسيلة.

(*) Czapek yeast extract agar = CYA



شكل (٤-٣-١-١-١-٢) الفطر *Mucor circinelloids*:

a) المستعمرات b) العويميد

c) الاسبورانجيات d) جراثيم كلاميدية

e) جراثيم اسبورانجية f) كيس اسبورانجى

g) جراثيم اسبورانجية

كما يمكن لبعض عزلات هذا النوع النمو على درجة صفر°م. يسبب هذا النوع عفناً لثمار الجوافة وجذور الجزر والمنيهوت Cassava كما أمكن عزله من اللبن الزبادى، وكذا من الجبن الفاسد. أمكن عزله من الخضروات الطازجة ومن ثمار البندق وفول الصويا والمواد الغذائية المصنعة من القمح ومن الشيكولاته وحبوب الأرز. ولم يسجل لهذا القطر إفراز توكسينى.

النوع *Mucor piriformis*

ميسليوم الفطر عديم اللون، تتولد الحوامل الاسبورانجية من الهيفات السطحية، الجذيعات stipes قصيرة، مستعرضة، غالباً ما تتفرع عقربياً ذات جدر مغطاه بقشور encrusted يصل قطر الكيس الاسبورانجى إلى ١٥٠ ميكرومتر ذات جدر شوكية، العويميد شبه كروى إلى ذو استطالة قصيرة، قطر العويميد ٢٥-٨٠ (-١٠٠) ميكرومتر فى القطر أو الطول، النوع الأطول ينهار بدون نظام، الجراثيم الاسبورانجية شفافة، كروية إلى ellipsoidal متسعة، ٦-١٢ (-٢٠) ميكرومتر فى القطر أو على المحور الطويل، ملساء الجدر، الكلاميدوكونيديات غير شائعة ولا تتكون جراثيم زيجية فى المزارع وحيدة النسيلة.

درجة الحرارة الدنيا للنمو تقترب من الصفر°م والمثلى ٢٠-٢١° م والقصوى ٢٦° م. يعتبر هذا النوع شديد التدمير لثمار الفراولة حديثة الحصاد، كما يسبب عفناً لثمار الكمثرى المبردة وكذا ثمار التفاح والطماطم. وينصح لمكافحة الفطر تسخين الثمار قبل تخزينها أو غمرها في ماء ساخن أو محلول الملح أو المعقمات السطحية أو معاملة ماء غسيل الثمار بـ chlorine dioxide. ولم يثبت أن هذا النوع يفرز سموم فطرية. (شكل ٤-٣-١-١-١-٤).

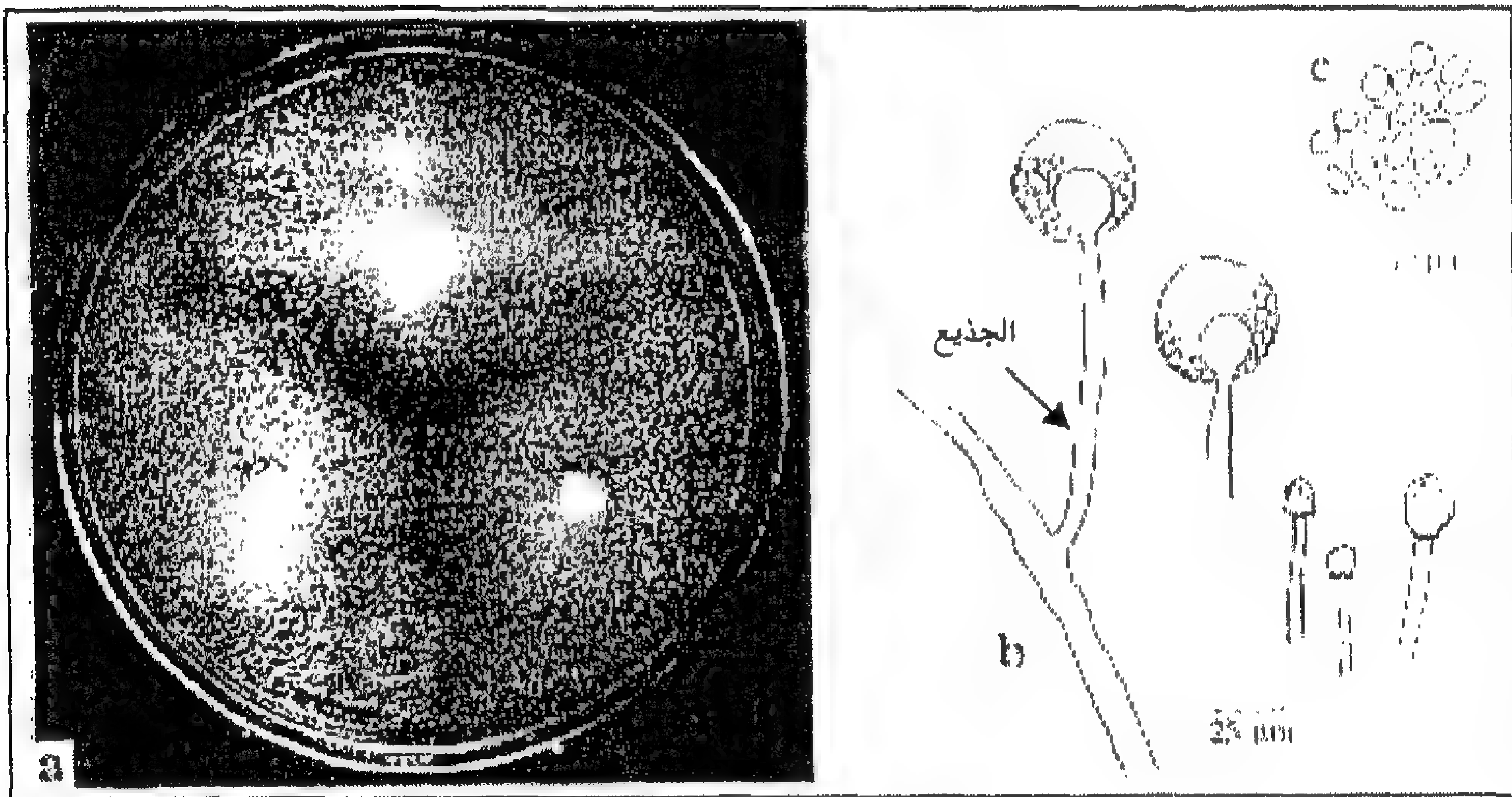
النوع *Mucor plumbeus*

ميسليوم الفطر عديم اللون، وعموماً فهو شاحب اللون إلى الرمادى الداكن. تتولد الحوامل الإسبورانجية من الهيفات الهوائية أو السطحية، الجذيعات Stipes غير متفرعة أو تتفرع عقربياً، الأكياس الاسبورانجية رمادية بنية داكنة، يصل قطرها إلى ٨٠ ميكرومتر ذات جدر شوكية، العويميد كمثرى إلى إهليليجى (بيضاوى) أو اسطوانى قصير حتى ٥٠×٣٠ ميكرومتر، عادة ذات انغمادات غير منتظمة فى القمة، الجراثيم الاسبورانجية كروية، عادة ٧-٨ (-١٢) ميكرومتر فى القطر، ذات جدر خشنة أو ذات أشواك دقيقة،

الكلاميدوكونيديات غير شائعة، لا تتكون الجراثيم الزيجية فى المزارع وحيدة النسيلة.

ينمو الفطر فى نطاق حرارى من ٤–٥ إلى ٣٥°م، الدرجة المثلى ٢٠–٢٥°م.

أمكن عزل الفطر من الجبن التالف، كما لوحظ أنه يسبب تلفاً لعصير التفاح فى الظروف اللاهوائية، كما عزل من اللحم والبندق والحبوب، كما عزل فى المنطقة الاستوائية من الأرز الأسود وفول الصويا.



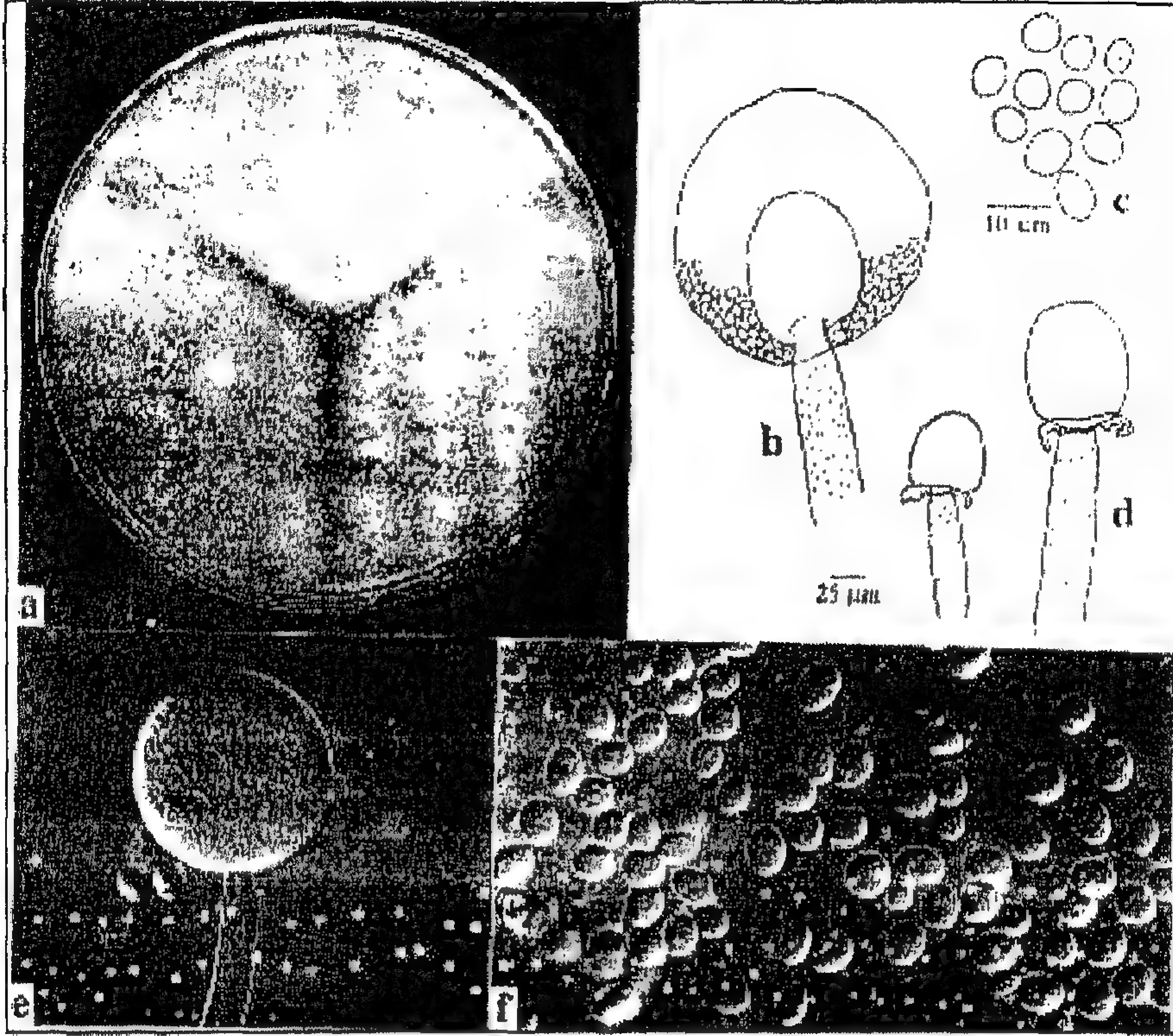
شكل (٤–٣–١–١–١–٣) الفطر *Mucor hiemalis*

a) مستعمرات الفطر

b) الأكياس الاسبورانجية والعويميد

c) جراثيم اسبورانجية





شكل (٤-٣-١-١-١-٤) الفطر *Mucor piriformis*

a) مستعمرات الفطر
b) الاسبورانجيات
c) جراثيم اسبورانجية
d) العويميد
e) كيس اسبورانجى تام
f) جراثيم اسبورانجية

النوع *Mucor racemosus*

الميسليوم عديم اللون أو خفيف التلوين، تتولد الحوامل الاسبورانجية من الميسليوم السطحى أو الهوائى الجذيعات Stipes متفرعة عقربياً أو بدون نظام، يصل قطر الكيس الاسبورانجى إلى ٨٠ ميكرومتر، بنى فاتح ذات جدار مغطى بقشور encrusted، العويميد اهليليجى (بيضاوى) إلى كمثرى، يصل طوله إلى ٢٠ ميكرومتر، الجراثيم الاسبورانجية شفافة إلى بنية شاحبة، أهليليجية عريضة إلى تحت كروية، يصل قطرها إلى ٥-٨

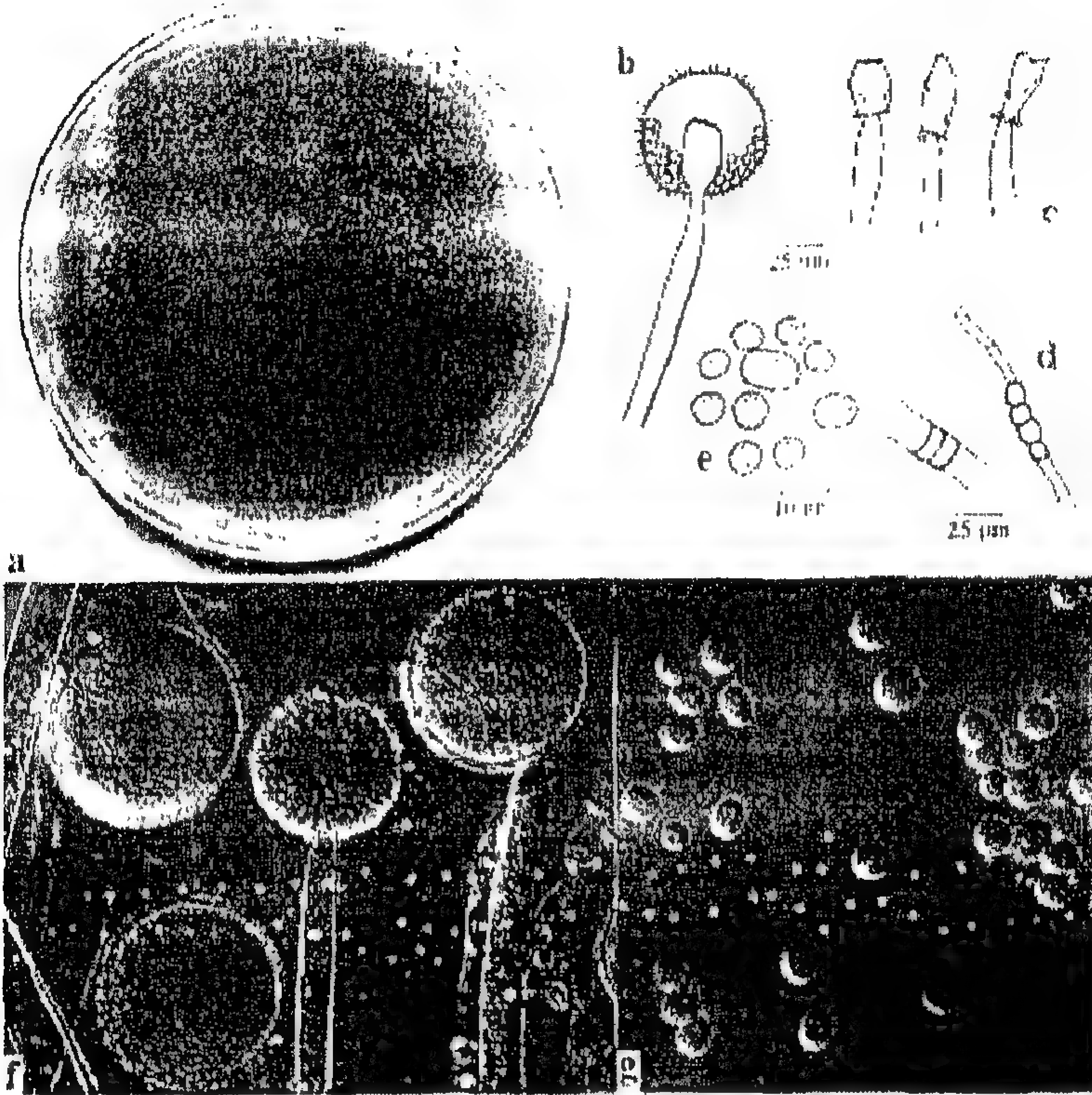
ميكرومتر، جدارها أملس. الكلاميدوكونيديات والكونيديات المفصلية تتكون بوفرة، يتراوح قطرها ٥-٢٠ ميكرومتر أو ذات محور أطول من ذلك، لا تتكون الجراثيم الزيجية في المزارع وحيدة النسيلة.

ينمو الفطر في نطاق حراري -٣ أو -٤ إلى ٣٠-٣٥°م ودرجة الحرارة المثلى ٢٠-٢٥°م.

يسبب الفطر العفن الطرى الإسفنجي لجذور البطاطا الحلوة المخزنة والبطاطس والموالح، كما يتلف اللبن الزبادى الناتج عن تحطم وعائه، كما يسبب تلفاً للجبن، كما عزل من اللحم المجمد (شكل ٤-٣-١-١-١-٦).

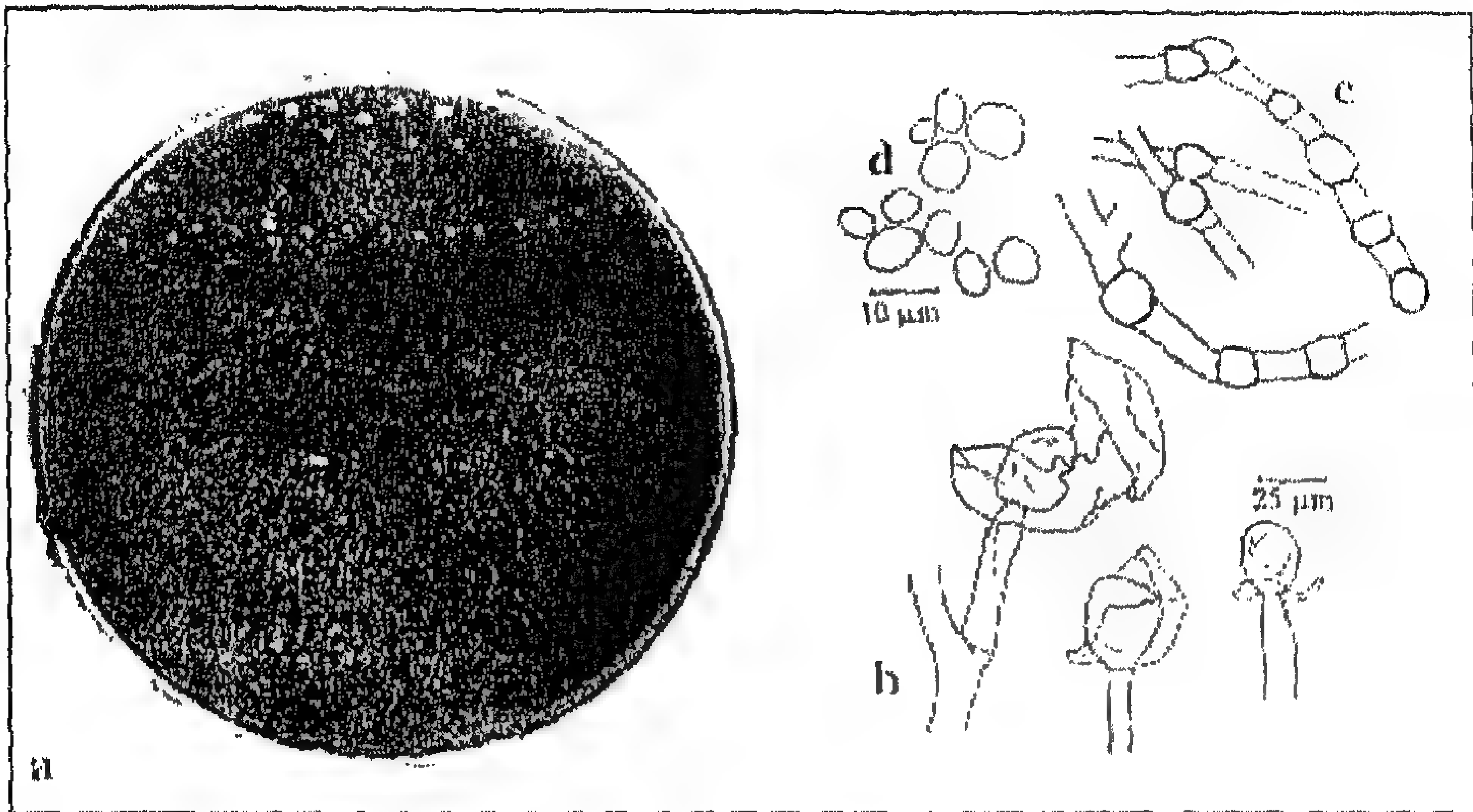
الجنس *Rhizomucor* استبعد Schipper (1978) الجنس *Rhizomucor* بأنواعه الثلاث من الجنس *Mucor*، حيث أنه يكون هيفات جارية Stolones وبطبيعته المحبة للحرارة. وتتواجد أنواع هذا الجنس في الأغذية في المناطق الإستوائية، وأغلب الأنواع إنتشاراً في الأغذية النوع *R. pusillus* والنوع *R. miehei* النوع *Mucor pusillus = Rhizomucor pusillus*.





شكل (٤-٣-١-١-١-٥) الفطر *Mucor plumbeus*

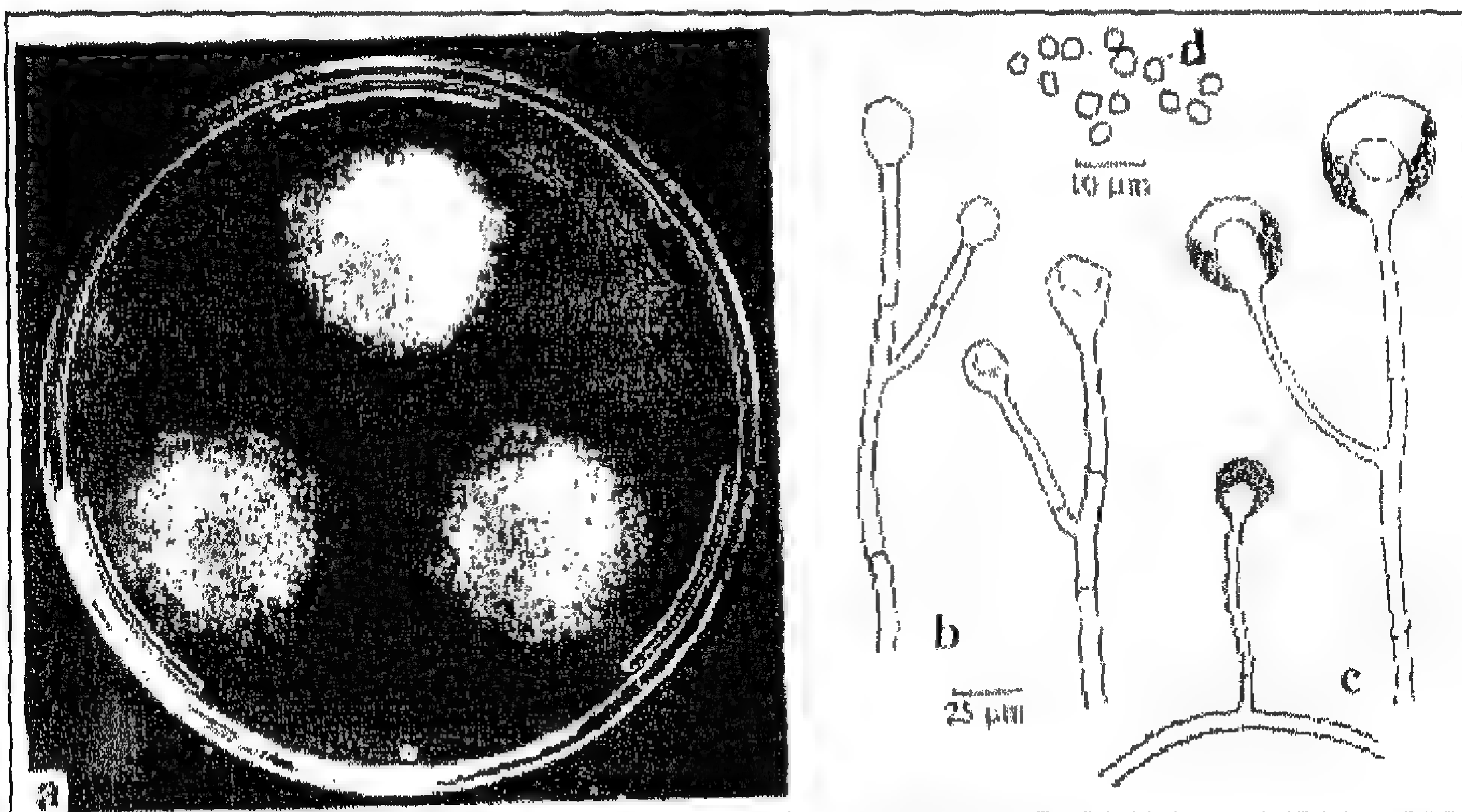
a) مستعمرات الفطر
b) الاسبورانجيات
c) العويميد
d) جراثيم كلاميدية
e) جراثيم اسبورانجية
f) أكياس اسبورانجية
g) جراثيم اسبورانجية



شكل (٤-٣-١-١-١-٦) الفطر *Mucor racemosus*

a) مستعمرات الفطر — b) العويميد

c) جراثيم كلاميدية — d) جراثيم اسبورانجية



شكل (٤-٣-١-١-١-٧) الفطر *Rhizomucor pusillus*

a) مستعمرات الفطر — b) العويميد

c) الاسبورانجيات — d) الحوامل الاسبورانجية

تتولد الحوامل الاسبورانجية من الهيفات السطحية، تبدو الجذيعات Stipes أحياناً غير متفرعة إلا أنها عادة ما تتفرع بشدة وبدون نظام. يكون أشباه جذور بصورة ضعيفة وأحياناً بوفرة ولكنها لا تكون متلازمة مع قاعدة الجذيعة Stipes، مما يميزه عن الجنس *Rhizopus*. الأكياس الاسبورانجية كروية، بنية أو رمادية اللون، قطرها ٤٠–٦٠ (–٨٠) ميكرومتر، العويميد كروى، أهليلجي أو كمثرى الشكل، قطره ٢٠–٤٥ ميكرومتر وأحياناً ينهار بدون نظام (مماثلاً للجنس *Mucor*). الجراثيم الاسبورانجية شفافة، كروية إلى أهليلجية متسعة قطرها ٣–٤ ميكرومتر، ملساء الجدار، تتكون الجراثيم الزيجية من وقت لآخر، سوداء أهليلجية متسعة، ٦٠–٧٠ ميكرومتر فى القطر.

تنمو أنواع الجنس *Rhizomucor* سريعاً على درجة ٣٧°م، كما تتميز بصغر جراثيمها الاسبورانجية (أقل من ٥ ميكرومتر فى القطر) وجدرها ملساء. يمكن للنوع *R. pusillus* النمو على درجات حرارة تزيد عن ٦٠°م، والدرجة المثلى للنمو ٣٧–٤٢°م والحدود الدنيا ٢٠°م.

يتواجد هذا النوع بوفرة فى الأغذية، حيث عزل من منتوجات اللحم، البكان والبندق والجوز والحبوب وبذور عباد الشمس. أمكن عزل الفطر من بذور المنج mung bean فى تايلاند. ومن أنواع هذا الجنس *Mucor miehei = R. miehei* أمكن عزله من الأغذية.

تسبب بعض أنواع هذا الجنس أمراضاً فطرية شديدة الخطورة على الإنسان وعلى الأخص لهؤلاء الذين يعانون من أمراض نقص المناعة وأهم الأنواع المرضة *R. miehei,* *R. pusillus*.

كما تستخدم السلالات غير المرضة من هذين النوعين فى إنتاج مادة Renner وهى إنزيم aspartate proteinase (بروتياز حامضى)، حيث يحلل هذا الإنزيم الكازين معطياً

ببتيدات ذات وزن جزيئى منخفض.

الجنس ***Thermomucor*** يضم نوعاً واحداً هو النوع *T. indicae-seudaticae* وقد كان يسمى *Mucor indicae-seudaticae* إلا أنه فصل عن الجنس *Mucor* بسبب حبه للنمو على درجة الحرارة العالية حيث ينمو فى نطاق من -٢ إلى ٥٠° م والدرجة المثلى للنمو ٤٠°م.

الحوامل الاسبورانجية متفرعة وتنشأ غالباً من الهيفات الجارية وأشباه جذور، الكيس الاسبورانجى كروى، apophysate، ذو عويميد، يحتوى العديد من الجراثيم. الجرثومة الإسبورانجية تحت كروية - ملساء الجدار. الجراثيم الزيجية ملساء الجدار، المعلقات متساوية إلى حد ما، متجانسة التموضع، تتكون على الهيفات الهوائية، متجانس الثالوس، محب للحرارة العالية.

الجنس ***Circinella*** عرف هذا الجنس لأول مرة عام ١٨٧٣م بواسطة Tieghern and Le Monn يضم عشرة أنواع - الكيس الاسبورانجى متعدد الجراثيم، كروى إلى حد ما، قد يوجد apophysis، يتولد على حوامل اسبورانجية حلقية الشكل circinate ومنه اشتق اسم الجنس. أمكن مشاهدة الجراثيم الزيجية فى ثلاثة أنواع هي: *C. umbellatta* و *C.muscae* و *C. angarensis* ، والجراثيم الزيجية فى النوعين الأخيرين ملساء الجدار والمعلقات متجانسة opposed. ومن أنواع هذا الجنس :

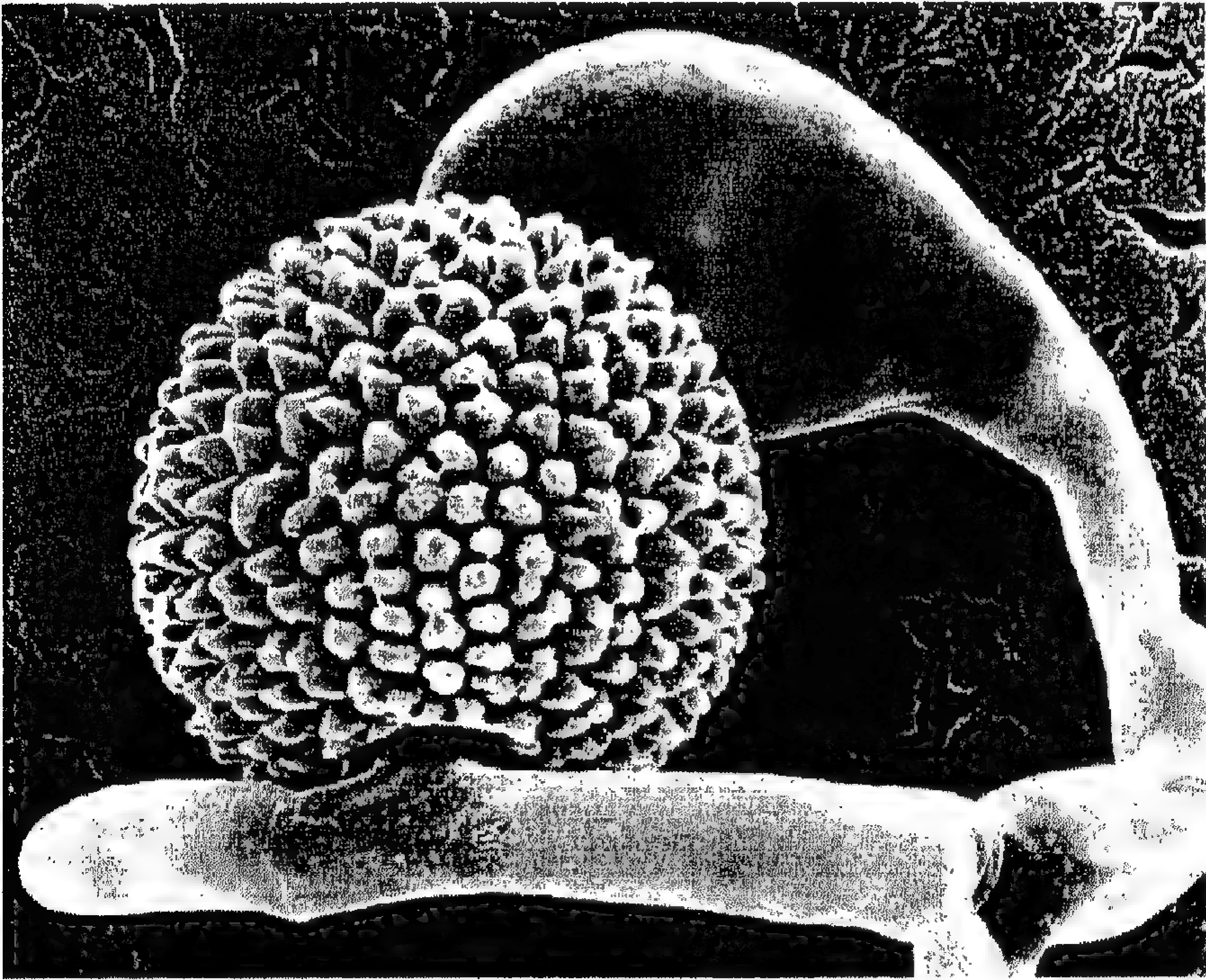
C. linderi, C. locrymispora, C. chinensis, C. rigida, C. mucoroides, C. minor , C. simplex

تعيش أنواع هذا الجنس فى التربة والروث، ولم يثبت أنه يسبب حالات مرضية ولم يعرف له توكسين.

الجنس ***Actinomucor*** يضم هذا الجنس نوعان : *A. repens, A. elegans*،

وتسبب أنواعه للإنسان مرض maxillary sinusitis، لأنواعه هيفات جارية وأشباه جذور وكيس اسبورانجي كروى non-apophysate، الحامل الاسبورانجي لهذا الجنس ملتف whorled.

الجنس *Zygorhyncus* يضم الجنس ثلاثة أنواع هي: *Z. moelleir, Z. vuilleminii, Z. multiplex*. تعيش أنواعه في التربة. يتكون الكيس الاسبورانجي مفرداً على الحامل الاسبورانجي، يحتوى الكيس على العديد من الجراثيم. الجنس متوافق الثالوس. تتكون الجراثيم الزيجية من اتحاد جاميطتين غير متساويتين حجماً. الجراثيم الزيجية كبيرة الحجم، برتقالية اللون ذات جدار يعلوه نتوءات (شكل ٤-٣-١-١-١-٨).



شكل (٤-٣-١-١-١-٨) : الجراثيم الزيجية للجنس *Zygorhyncus*

الجنس *Parasilella* يشبه هذا الجنس فى صفاته الجنس *Mucor*، إلا أنه بسبب معيشته كمتطفل اختيارى على بعض الفطريات الزيجية، فقد تم فصل أنواعه فى جنس مستقل. من أهم أنواع هذا الجنس النوع *Parasitella parasitica* والذى لقى الكثير من الاهتمام. ذلك لأن الفيرمون المعروف "حمض الترايسبوريك" يلعب دوراً أساسياً فى الانجذاب التطفلى لهذا الفطر. ثبت من الدراسات التى أجريت بين الطفيل والعائل حدوث اقتران سيتوبلازمى بين الطفيل والعائل مع حدوث انتقال نووى أفقى. ومن أنواع هذا الجنس النوع *P. simplex*.

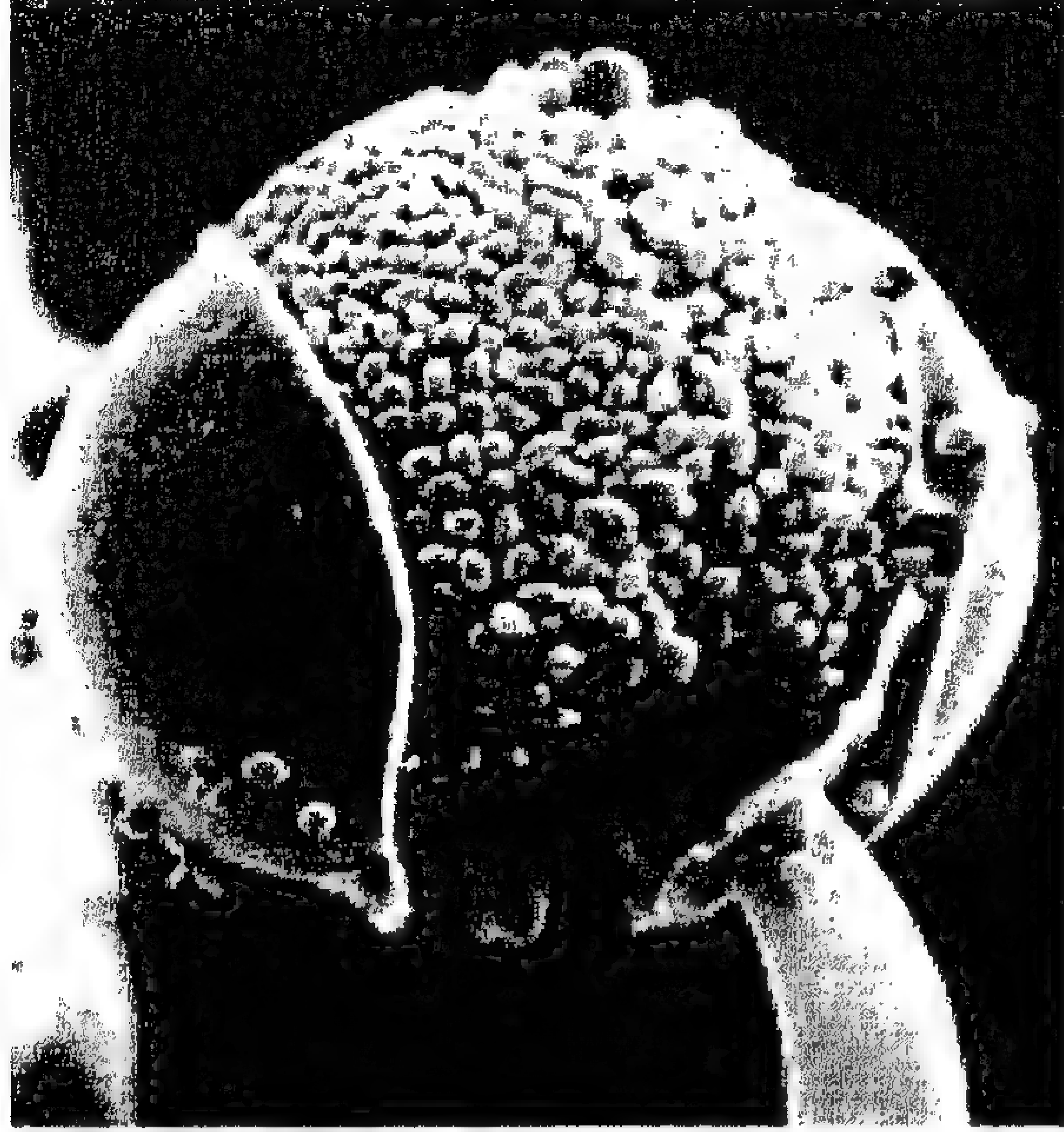
٤-٣-١-١-٢ الفصيلة الجلبرتللية

Family Gilbertellaceae

تضم الفصيلة جنساً واحداً هو الجنس *Gilbertella* والذى يضم نوعاً واحداً فقط هو *G. persicaria* (شكل ٤-٣-١-جـ- B). يسبب هذا الفطر عفناً لثمار الخوخ والكمثرى والطماطم تحت ظروف التخزين، وقد أمكن عزل هذا النوع من التربة والروث.

يتميز الفطر بتكوين حوامل اسبورانجية تبرز من الطبقة التحتية مباشرة وتنتهى بكيس جرثومى ذو عويميد. الكيس داكن اللون، ثابت الجدار، يميل إلى الاستطالة (شكل ٤-٣-١-١-٢-١)، الجراثيم الاسبورانجية مغزلية متسعة، ذات جدار أملس، شفافة، ذات عدة زوائد رقيقة طويلة تنشأ من قمة الجرثومة.

تعد هذه الخواص هى المميزة لهذا الفطر عما سواه من فطريات رتبة الميوكورات، كما يعد ترسيب اكسالات الكالسيوم على جدار الكيس الاسبورانجى (شكل ٤-٣-١-١-جـ) أحد الصفات المميزة لهذا النوع والذى قد يعمل على تقوية جدار الكيس، للجرثومة الزيجية جدار منمنم وذات معلقات جانبية التوضع Opposed.



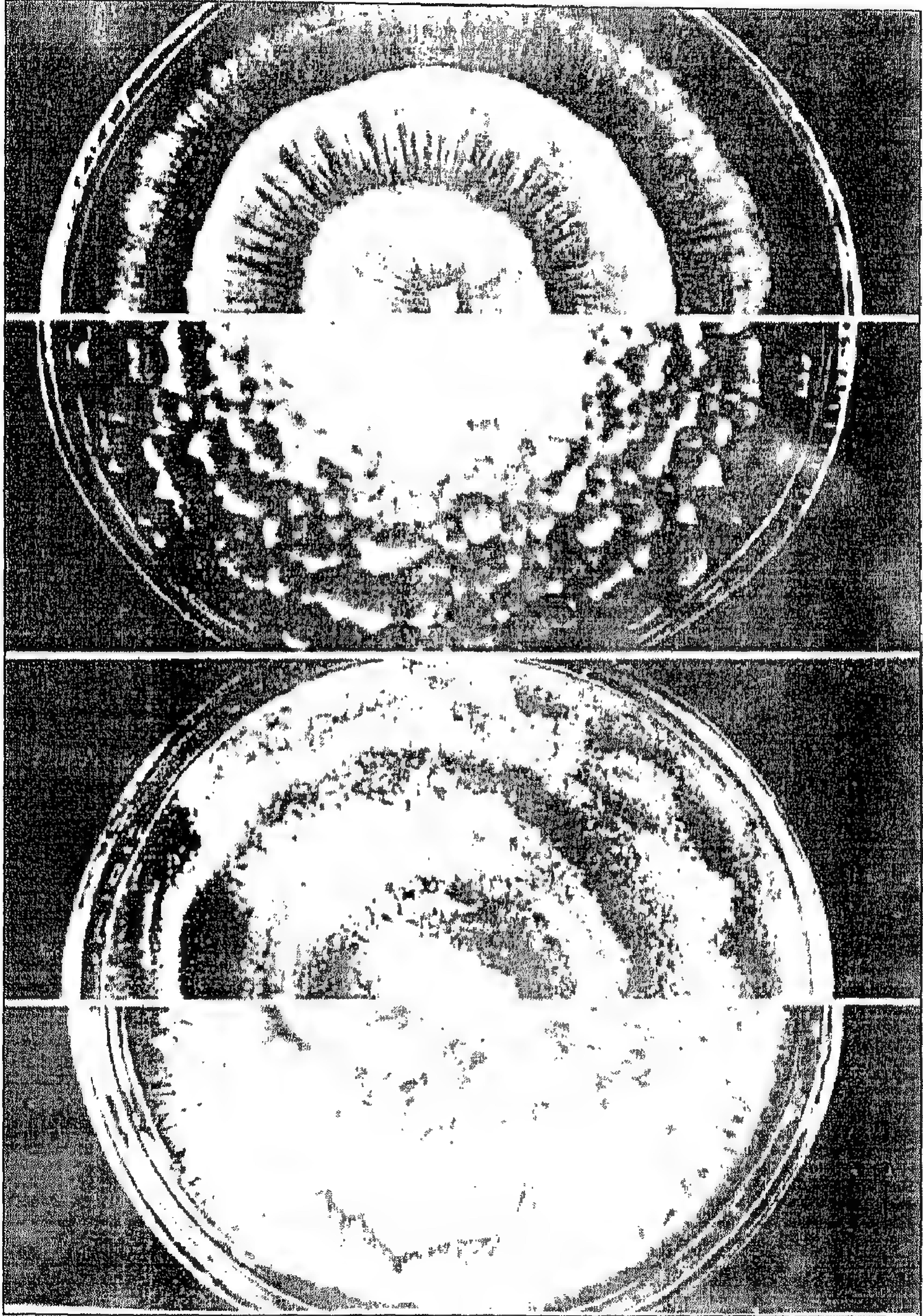
شكل (٤-١-١-١-٢-١) الكيس الاسبورانجي للفطر *Gilbertella persicaria* يوضح العدد الكبير من الجراثيم بالكيس ثابت الجدار.

٤-٣-١-١-٣ الفصيلة المورتيريللية

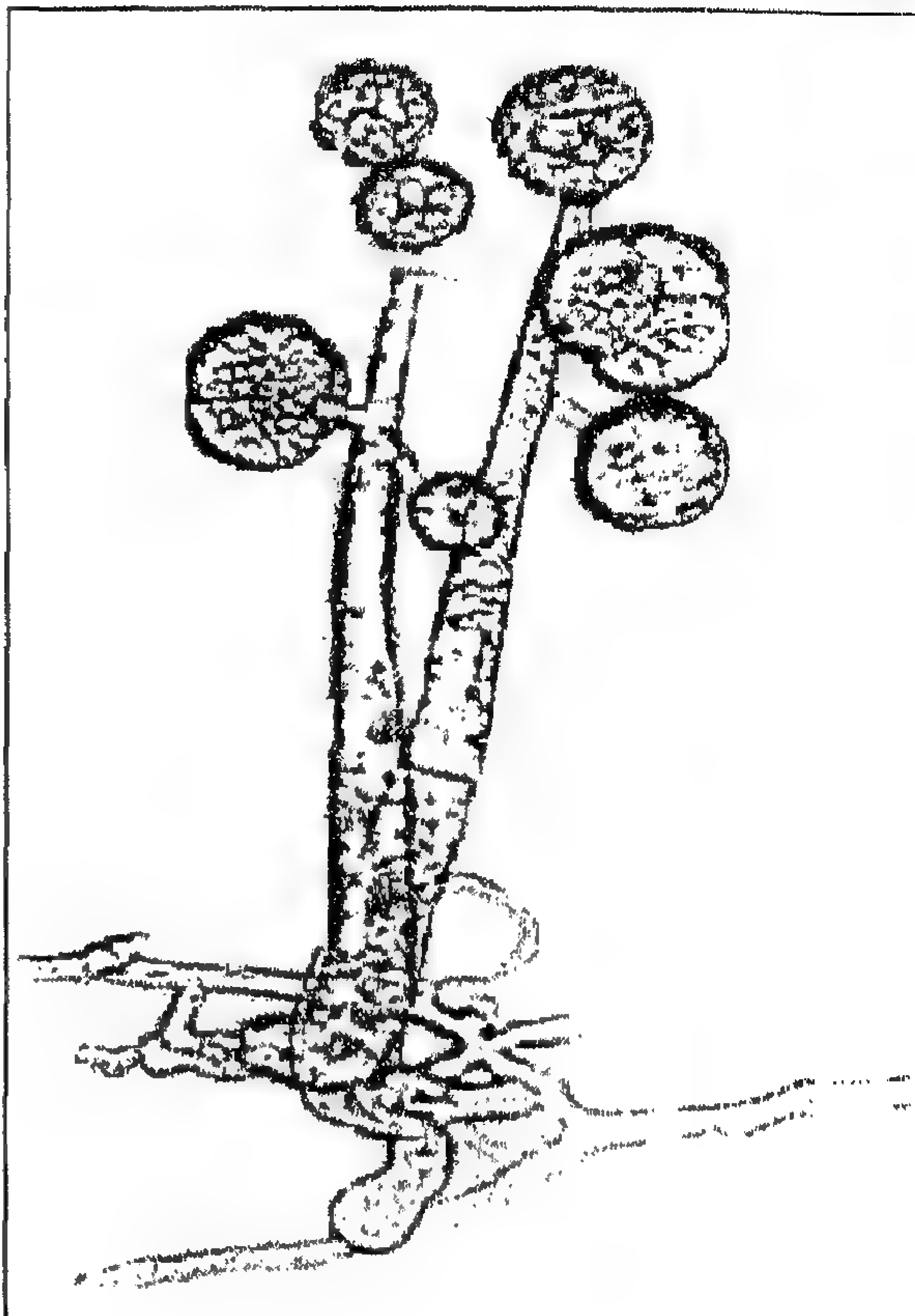
Family Mortierellaceae

وضع هذه الفصيلة A. Fischer عام ١٨٩٢م ضمن رتبة Mucorales حيث تتميز الفطريات التابعة لهذه الفصيلة بأن هيفاتها دقيقة متفرعة عادة وبرية الشكل arachnoid، فى البدء مدمج خلوى، من أهم الأجناس الجنس *Mortierella* يعطى مستعمرات بيضاء اللون أو قريبة من الأبيض، ذات حلقات (شكل ٤-٣-١-١-٣-١)، وبعض الأنواع تعطى مستعمراتها رائحة تشبه رائحة البصل أو الثوم.

الحوامل الأسبورانجية منتفخة عند القاعدة، تحمل أكياس اسبورانجية ذو عويميد يشبه القبة dome (شكل ٤-٣-١-١-٣-٢) الكيس وحيد الجرثومة أو متعدد الجراثيم وغالباً ما يعطى الفطر جراثيم كلاميدية.



شكل (٤-٣-١-١-٣-١) أشكال مختلفة لمستعمرات الجنس *Mortierella*



شكل (٤-٣-١-١-٣-٢) الحامل الاسبورانجى منتفخ القاعدة، والأكياس الاسبورانجية ذات القبة للجنس *Mortierella*.

الجراثيم الزيجية، إذا ما تكونت فهى مميزة، ذات حافظة زيجية ملساء أو ذات غمازات dimpled، شفافة، ذات معلقات متموضعة على الجانبين، متباينة الشكل، وقد تعطى الهيفات الجراثيم الزيجية مباشرة.

تعزل أنواع هذا الجنس من التربة، إلا أنها قد توجد فى الروث أو الأوراق المتساقطة أو الخشب أو الفطريات، أو غيرهم من المادة العضوية. ويبدو أن أنواع هذا الجنس تلعب دوراً هاماً فى ترب غابات المنطقة المعتدلة. كثير من أنواع هذا الجنس *Psychrophiles*، يمكن عزلها من الأماكن ذات الحرارة المنخفضة.

اشتملت الفصيلة Morlierellaceae فى البدء على جنسين هما : الجنس *Harpocladium* والجنس *Mortierella*، ثم أضيف إليهما الجنسين

وفي نفس الوقت أثيرت الشكوك حول الجنس *Haplosporangium, Dissophora* *Harpocladium* . في عام ١٩٧٧م قسم Gams الجنس *Mortierella* إلى تحت جنسين Subgenera يضمان تسعة أقسام Sections، وفي عام ١٩٧٨م وصف Benjamin تحت جنس ثالث لجنس *Mortierella* وهي تحت الجنس *Gamsiella*.

تم وضع أجناس أخرى إلى الفصيلة أو رفعت من مستوى تحت الجنس *Mortierella* إلى مستوى الجنس، والأجناس هي *Actinomortierrella, Echinosporangium,* *Azygozygum, Aquamortierella* ، في عام ١٩٨٢م اقترح Trappe and Schenck نزع الجنس *Modicella* من الفصيلة Endogonaceae وضمه إلى الفصيلة Mortierellaceae وذلك لأن أكياسه الاسبورانجية لا عويميدية بالإضافة إلى طبيعة معيشته الرمية الواضحة.

في عام ١٩٩٨م اقترح Cavalier-Smith رفع هذه الفصيلة إلى مستوى الرتبة وهي Order Mortierellales تضم فصيلة واحدة هي Family Mortierellaceae والتي تحوي ستة أجناس هي:

Gamsiella, Dissophora, Aquamortierella , Mortierella, Modicella, Lobosporangium

وفيما يلي مفتاح مبسط لهذه الأجناس :

A: التراكيب التكاثرية (الأكياس الاسبورانجية) تتكون في ثمار جرثومية..............B

AA: التراكيب التكاثرية (الاسبورانجيات والجراثيم الكلاميدية والجراثيم الزيجية) لا تتكون في ثمار جرثومية..B

B: لا تتكون أكياس اسبورانجية كبيرة، تتكون جراثيم كلاميدية شوكية، قد تتكون جراثيم زيجية

G. Mortierella

BB: غالباً ما تتكون اسبورانجيات، قد تتكون أو لا تتكون جراثيم كلاميدية أو زيجية...C

C: الأكياس الاسبورانجية اسطوانية، تتركز مركزياً وتبدو فى أزواج، ذات أشـواك طرفيـة، غالباً ذات عويميد كاذب

G. Labosporingium

CC: الأكياس الاسبورانجية كروية إلى كمثرية....................................D

D: الجراثيم الاسبورانجية اسطوانية ذات زوائد فى طرفيهـا، مائيـة المعيشـة، وقـد سـجل وجودها على يرقات ذباب

G. Aquamortiella midge

DD: الجراثيم الاسبورانجية عديمة الزوائد، أرضية المعيشة عادة تعيش فـى التربـة أو فـى الروث..E

E: تنشأ الحوامل الإسبورانجية فى تتابع على "عقل" من الميسليوم الهـوائى ذو النمـو غـير المحدود، الأكياس الاسبورانجية متعددة الجراثيم

G. Dissophora

EE: تنشـأ الحوامـل الاسـبورانجية عشـوائياً مـن تراكيـب عاديـة أو ميسـليوم هـوائى، الإسبورانجيات وحيدة أو ثنائية أو متعددة الجراثيم..........................F

F: تنشأ الفريعات الحاملة للاسبورانجيات من حويصلات أو من عقل هيفية ذات إنتفاخات غير منتظمة...G

FF: لا تنشأ الحوامل الاسبورانجية من حويصلات..............................H

H: تنشأ الحوامـل الاسـبورانجية مـن ميسـليوم الطبقـة التحتيـة، الاسـبورانجيات متعـددة الجراثيم وإذا كانـت وحيـدة أو ثنائيـة الجرثومـة فحينئـذ تفتقـر إلى الخـواص المدرجـة فى "II"

G. Mortierella

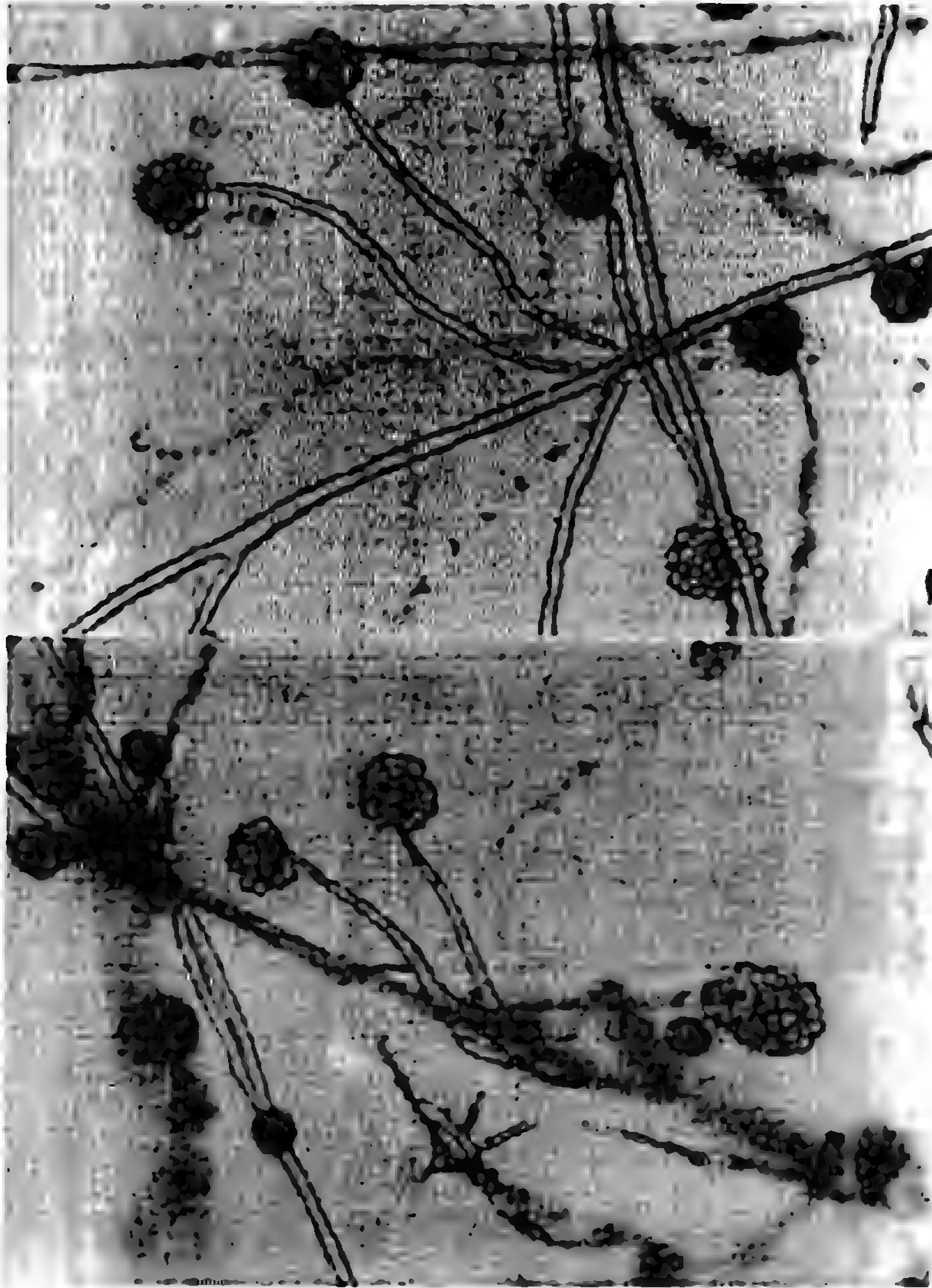
HH: تنشأ الحوامل الاسبورانجية من ميسليوم هوائى، حيث تنشأ من عقل هيفية بينية منتفخة، متمايزة، جيدة التكوين، أو جانبية، أو من أفرع منتفخة، الأكياس الاسبورانجية وحيدة أو ثنائية الجراثيم..................................I

I: الحوامل الاسبورانجية بسيطة أو ذات تفرع وحيد أو ثنائى، تنشأ من عقل لهيفات هوائية *G. Mortierella* section *Haplosporangium*

II: الحوامل الاسبورانجية متعددة التفرع، تنشأ جانبياً من ميسليوم هوائى غير "معقل" *G. Gamsiella*

يعتبر الجنس *Mortierella* هو الأكبر فى هذه الفصيلة حيث يضم ما يزيد عن ٧٠ نوعاً. أكثرهم انتشاراً النوع *M. wolfii*، تتميز مستعمراته بأنها سريعة النمو، بيضاء إلى اللون الرمادى المبيض، ذات حلقات واسعة، غالباً مفصص (يشبه الوردة) شكل (٤-٣-١-١-٣-١). الحامل الاسبورانجى نموذجياً قائم erect، رقيق طوله من ٨٠ إلى ٢٥٠ ميكرومتر عرضه ٦-٢٠ ميكرومتر، منتفخ عند القاعدة، تنشأ من أشباه جذور أو من بصيلات منتفخة على الطبقة التحتية وينتهى بعنقود كثيف من الفريعات الطرفية، يتراوح قطر الاسبورانجيات من ١٥ إلى ٤٨ ميكرومتر، شفافة الجدار، عموماً لا يوجد عويميد، الجراثيم الاسبورانجية وحيدة الخلية عادة، اسطوانية قصيرة ٦-١٠ × ٣-٥ ميكرومتر، الجراثيم الكلاميدية ذات أو بدون زوائد blunt appendages، لم يلاحظ تكوينه للجراثيم الزيجية، ينمو الفطر على درجة حرارة ٤٠-٤٢° م والقصوى ٤٨° م. يعد هذا النوع هو المرض الوحيد للإنسان والحيوان، حيث يسبب للحيوانات الالتهاب الرئوى Pneumonia والإصابات الفطرية الجهازية systemic mycosis وكذا إجهاض الأبقار الفطرى bovine mycotic abortion.

كما يعد النوع *Dissophora decumbans* (شـكل ٤-٣-١-١-٣-٣) مـن الفطريـات المسببة أمراضاً للإنسـان والحيوان.



شكل (٤-٣-١-١-٣-٣) : النوع *Dissophora decumbans* حيث يلاحظ تكوين الجراثيم اللاجنسية داخل اسبورانجيات عديمة العويميد.

يعد الجـنس *Echinosporangium* جنسـاً متفـرداً فـى هـذه الفصـيلة، حيـث تعطـى عناقيد الأكياس الاسبورانجية الكبيرة ذات النتوءين الشـبيهين بـالقرن وتتكـون بـوفرة علـى الأوساط الغذائية الصلبة (شكل ٤-٣-١-١-٣-٤).



شكل (٤-٣-١-١-٣-٤):
عناقيد الأكياس الاسبورانجية للفطر
Echinosporangium transverslis

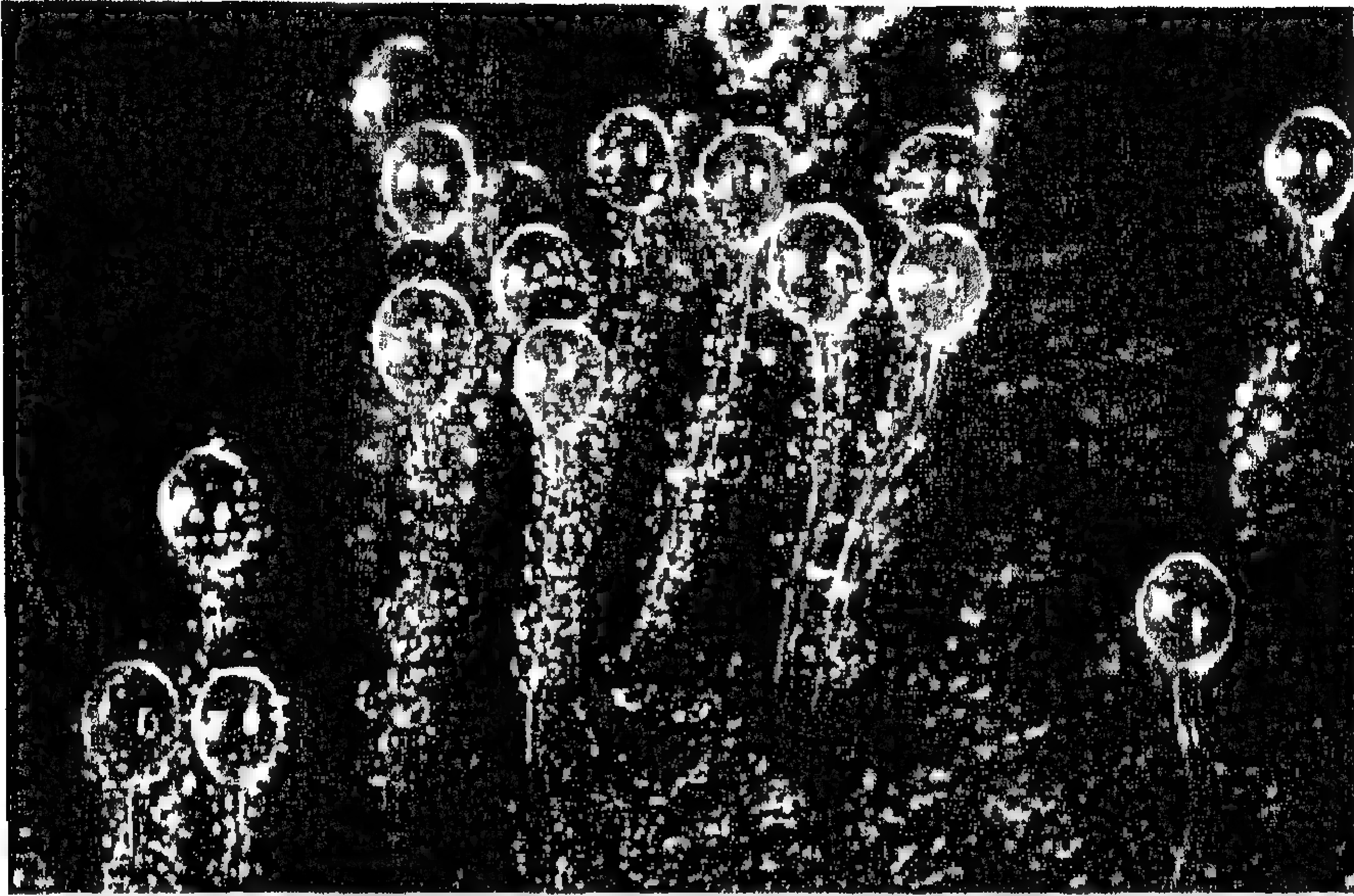
من أهم أنواع هذا الجنس النوع *E. transversalis*، لم يعرف له جـراثيم زيجيـة وقـد أمكن عزله من الأراضى الصـحراوية وكـذا مـن الـترب الفقـيرة غـذائياً فـى غـرب الولايـات المتحدة الأمريكية.

٤-٣-١-١-٤ الفصيلة البيلوبولية

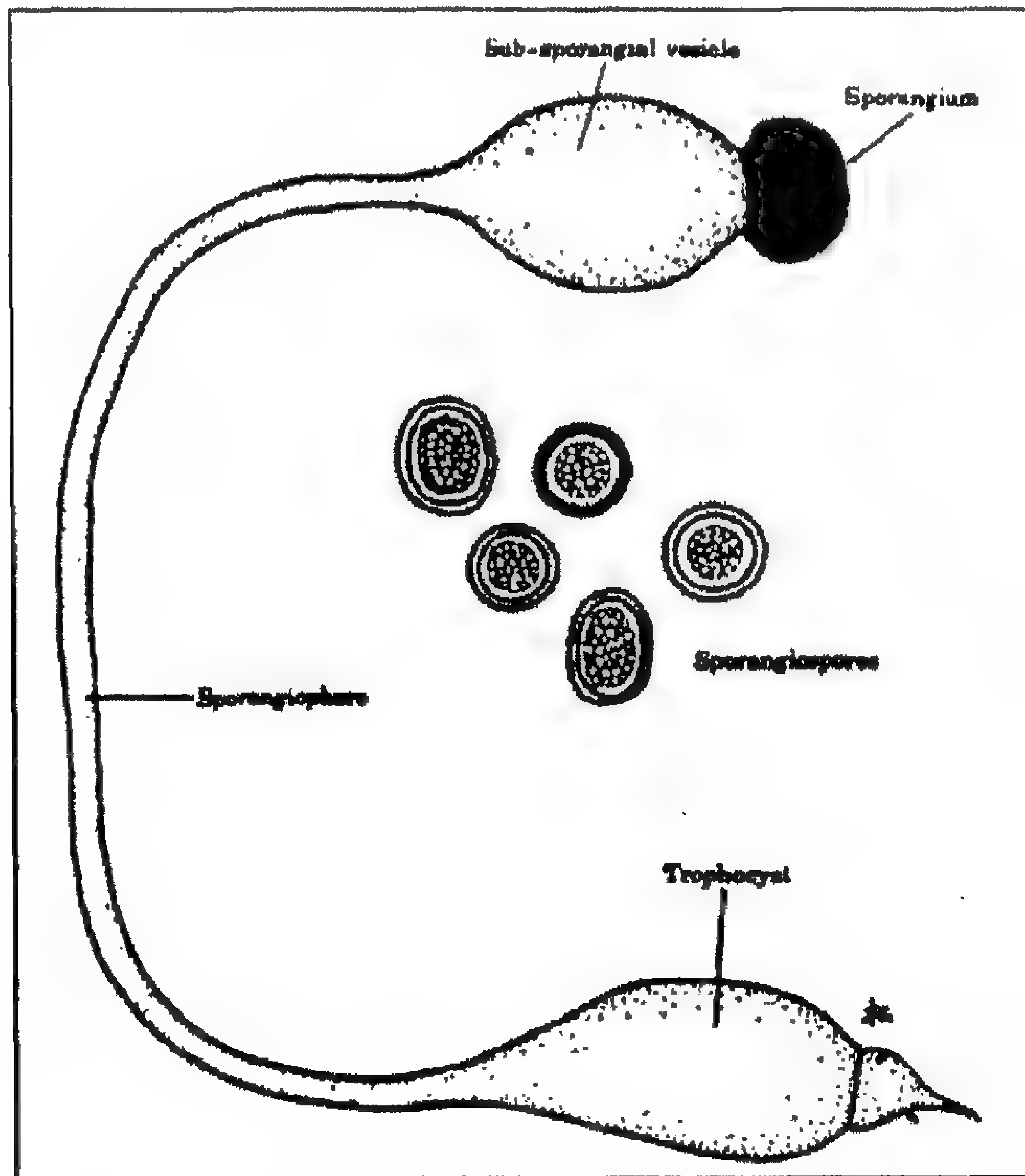
Family Pilobolaceae

هى مجموعة منفصلة بيئياً، تضم الفصيلة ثلاثة أجناس الجنسان *Pilobolus, Pilaira* يمكن رؤيتهما فى روث عدد كبير من آكلات العشب شكل (٤-٣-١-١-٤-١)، أما الجنس *Utharomyces* فقد عزل من براز القوارض، ومن النادر عزلهم من التربة تعطى جميع الأنواع حوامل اسبورانجية غير متفرعة، ذات إنتحاء ضوئى موجب، تنشأ مباشرة من الطبقة التحتية وتنتهى بكيس إسبورانجى ذو عويميد داكن اللون، ذو جدار ثابت، كيوتينى مغطى ببلورات تتركب من أكسالات الكالسيوم. وينشأ الحامل من تركيب منتفخ ذو لون أصفر لامع يحوى صبغة الكاروتين يسمى الحوصلة المغذية tropocyst؛ شكل (٤-٣-١-١-٤-٢) وذلك فى الجنسين *Utharomyces, Pilobolus*. هذان الجنسان يكونا ما يسمى بالحوصلة التحت اسبورانجية وتوجد مباشرة أسفل الكيس الاسبورانجى فى الجنس *Pilobolus* شكل (٤-٣-١-١-٤-٣) وعلى مسافة قصيرة من الكيس فى الجنس *Utharomyces*.

يحتاج تنمية الجنس *Pilobolus* لوجود مستخلص الروث أو hemin، وهو قادر على أن يقذف الكيس بقوة لمسافة تزيد عن المترين. يحدث انتشار الجراثيم كنتيجة للإنتحاء الضوئى الموجب للحامل الاسبورانجى. ويعتقد أن الحوصلة أسفل الكيس تعمل كعدسة تركز الضوء فى بقعة أسفل الحوصلة. والحوصلة ذات ضغط توترى عالى، فعندما تتمزق فإنها تطلق الكيس الاسبورانجى لمسافة بعيدة. يلتصق الكيس بأى مسطح يقابله؛ وتعمل بلورات أكسالات الكالسيوم على جفاف السطح ودوران الكيس. وتعمل المواد المخاطية mucilaginous حول الكيس على سهولة التصاقه. وتبدأ دورة حياة الفطر عندما يبتلع أحد الحيوانات العشبية الكيس. فى بعض الأنواع يعد مرور الجراثيم بالمعدة أمراً حتمياً للإنبات، وفى الأخرى فإنها مجرد وسيلة للإنتشار.



شكل (٤-٣-١-١-٤-١) منظر عام للحوامل الاسبورانجية للفطر *Pilobolus* نامياً على الروث.



شكل رقم (٤-٣-١-١-٤-٢) منظر تخطيطى للجهاز الإسبورانجى فى الفطر ***Pilobolus longipes***





شكل رقم (٤-٣-١-١-٤-٣) الكيس الإسبورانجى فى الفطر *Pilobolus*

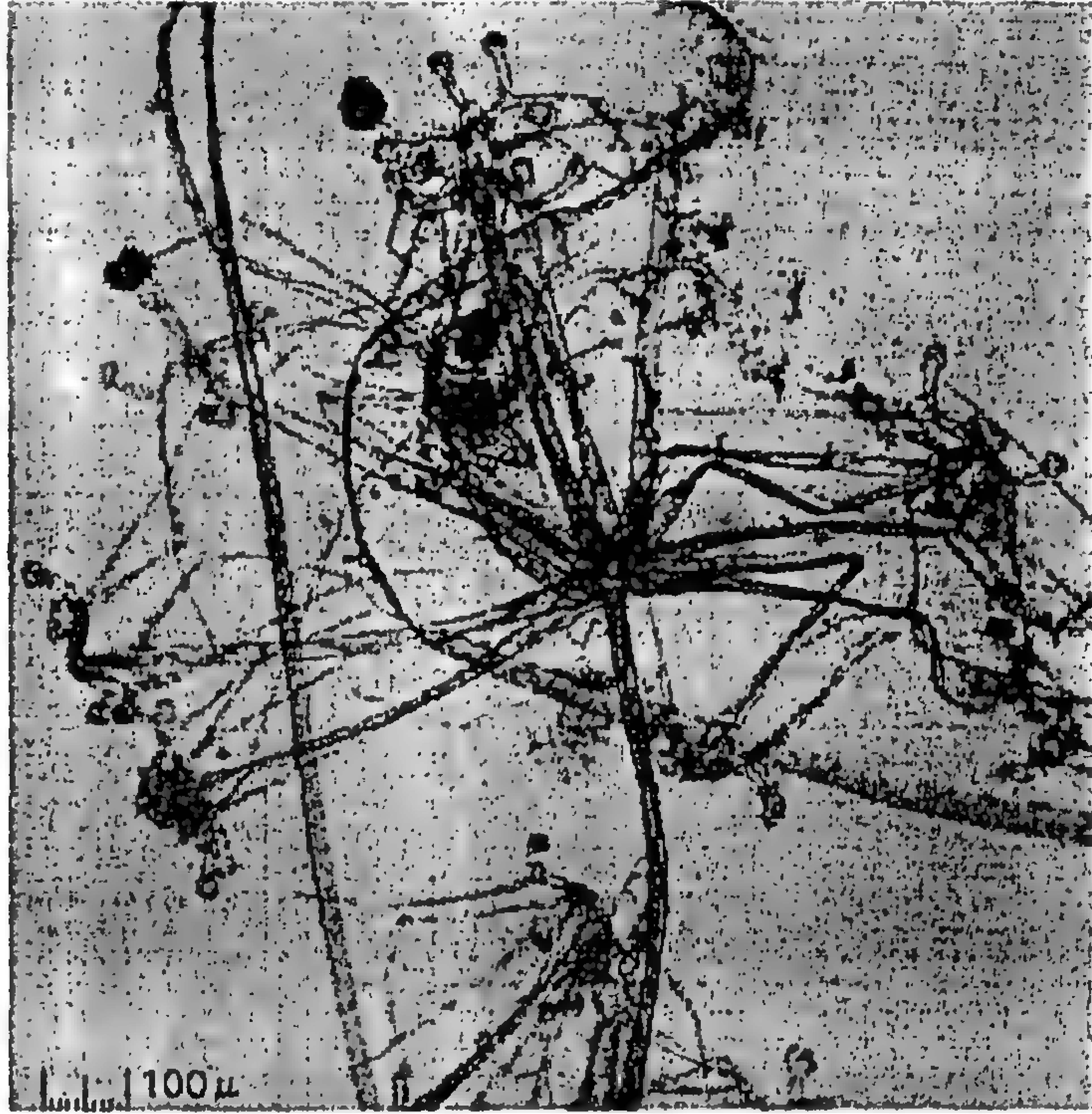
كذلك، فقد وجد أن النيماتودا المتطفلة تستخدم فطر *Pilobolus* كوسيلة للوصول إلى عوائلها، فيرقات ديدان رئات الأبقار الطويلة Cattle lungworm (*Dictyocaulis vivipores*) تلتصق على سطح الكيس الإسبورانجى للفطر إلى أن يلتهمها عائل جديد. يعتبر الجنسان *Utharomyces, Pilaria* أقل معرفة من الجنس *Pilobolus*. يحدث إنتشار الكيس فى الجنس *Utharomyces* بعد تمزق الحوصلة، ينساب السيتوبلازم الذى يعمل كلاصق للجزء العلوى من الحوصلة التى تحمل الكيس ذو الساق لمسافة مناسبة لسطح ملائم. فى الجنس *Pilaria* يلامس الجزء المقطوع منطقة محيطة بالعويميد مؤدية لإنسياب الكيس الإسبورانجى مع سيتوبلازمة وجراثيمة، حيث تلتصق بنفس الطريقة السابقة مع أى سطح مناسب. يتطلب إنبات الجراثيم ٣٨°م. تنشأ الجراثيم الزيجية أسفل الطبقة التحتية، ذات معلقات متجانسة.

٤-٣-١-١-٥ الفصيلة الديكرانوفورية

Family Dicranophoraceae

تضم الفصيلة الديكرانوفورية أربعة أجناس، جميعها إختيارية التطفل، تعطى الأنواع أكياس إسبورانجية كبيرة الحجم apophysate.

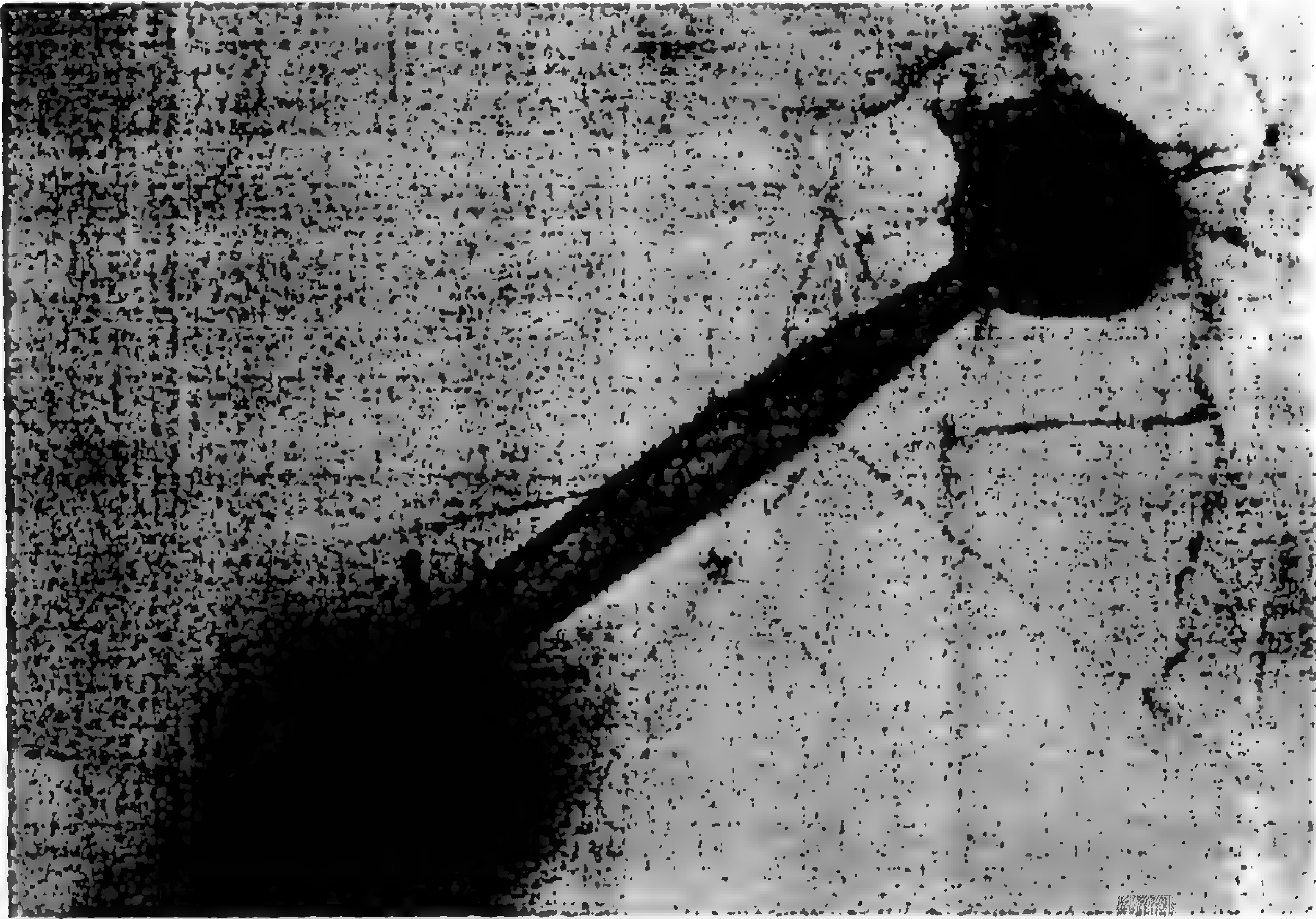
أفراد الجنس *Sporodiniella* تتطفل على الحشرات فى المنطقة الاستوائية، من أهم أنواعه النوع *S. umbellate* (شكل ٤-٣-١-١-٥-١) الذى يؤدى لإبادة عدد كبير من الحشرات كبيرة الحجم (شكل ٤-٣-١-١-٥-٢) الأجناس الثلاث الأخرى وهى الجنس *Syzigites, Spinellus, Dicranophora* شكل (٤-٣-١-١-٥-٣) ممرضات إماتية لفطريات عيش الغراب فى المنطقة المعتدلة ويوضح شكل (٤-٣-١-١-٥-٤) شكل الحوامل الإسبورانجية ثنائية التفرع فى الفطر *Syzigites megalocarpus*، كما يوضح الشكل (٤-٣-١-١-٥-٥) نهايات هذه الحوامل، حيث تترتب الأكياس الإسبورانجية. الجنسين *Syzigites, Sporodinielia* تكون أكياس إسبورانجية ذات جدار شوكى وهو نادر الحدوث فى الميوكورات. الجنسان *Dicranophora, Spinellus* ينموان على درجات حرارية أقل من ١٩°م، أما الجنسان الآخران فينموان فى الدرجات الأكثر ارتفاعاً. الجراثيم الزيجية ذات معلقات متجانسة التموضع شكل (٤-٣-١-١-٥-٦).



شكل (٤-٣-١-١-٥-١) الميسليوم والحوامل الإسبورانجية للنوع *Sporodiniella umbellate*



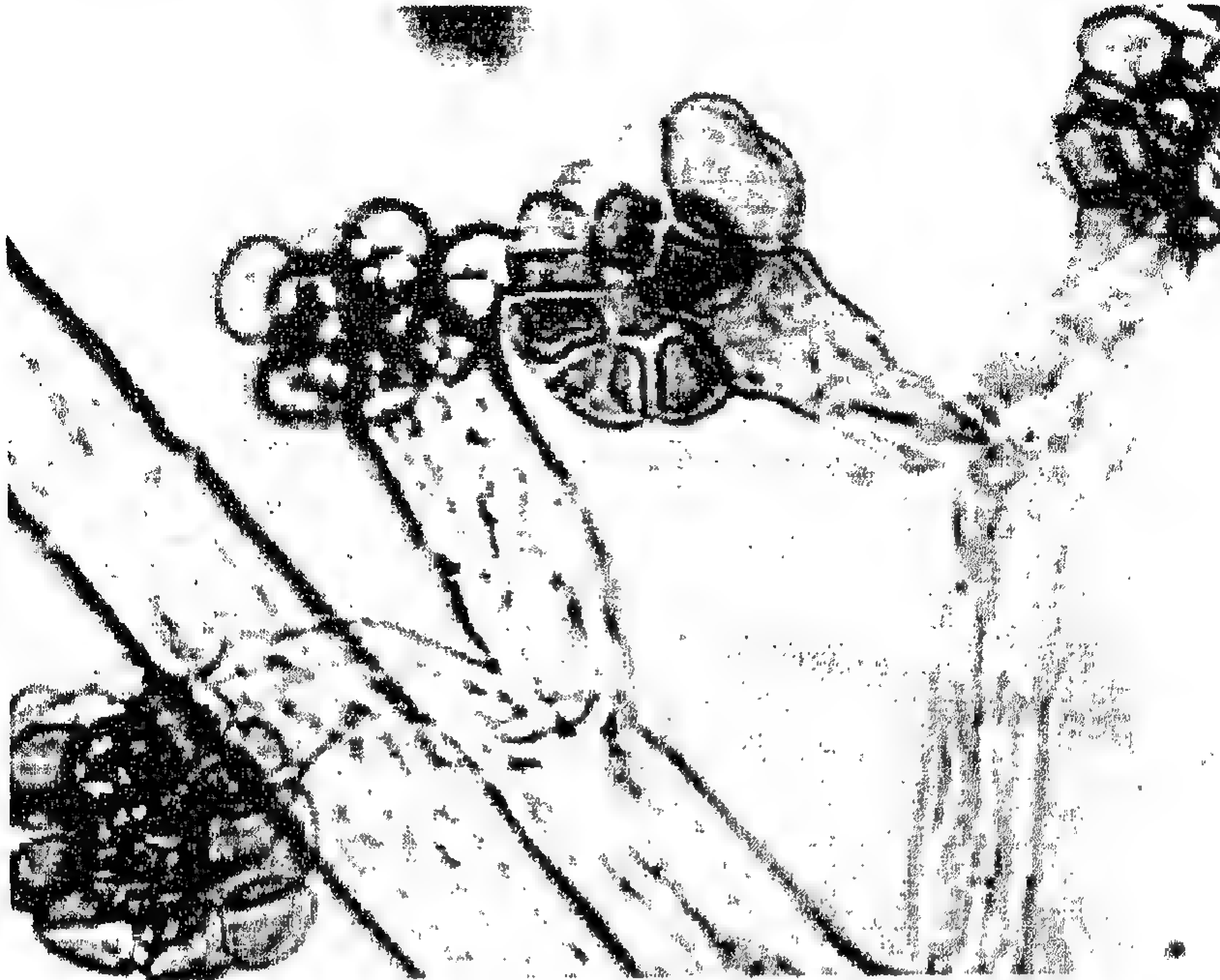
شكل (٤-٣-١-١-٥-٢): النوع
Sporodiniella umbellala
متطفلاً على حشرة.



شكل (٤-٣-١-١-٥-٣) النوع *Spinellus fusiger* منظر للكيس الإسبورانجي للفطر.



شكل (٤-٣-١-١-٥-٤) النوع *Syzigites megalocarpus* الحوامل الإسبورانجية ذات التفرع الثنائى والتى تنتهى بالاسبورانجيات.



شكل (٤-٣-١-١-٥-٥) النوع *Syzigites megalocarpus* توضع الأكياس الإسبورانجية فى نهاية الحوامل.



شكل (٤-٣-١-١-٥-٦) النوع *Syzigites megalocarpus* تكوين الجراثيم الزيجية.



شكل (٤-٣-١-١-٦-١) النوع *Saksenaea vasiformis* الكيس الإسبورانجى للفطر وأشباه الجذور.

٤-٣-١-١-٦ الفصيلة الساكسينية

Family Saksenaeaceae

تضم الفصيلة نوعاً واحداً فقط هو النوع *Saksenaea vasiformis*. يكون الفطر أكياس إسبورانجية ذات عويميد يشبه القنينة ذات عنق طويل شكل (٤-٣-١-١-٦-١). للفطر هيفات جارية وأشباه جذور، تنشأ الأكياس الإسبورانجية مفردة أو فى أزواج. لم يعرف لهذا النوع جراثيم زيجية. ينتشر الفطر فى ترب المناطق الإستوائية وتحت الإستوائية، كما يوجد على حبوب الأرز فى الهند، يصيب الفطر الإنسان ويسبب له بقعاً جلدية فى الهند.

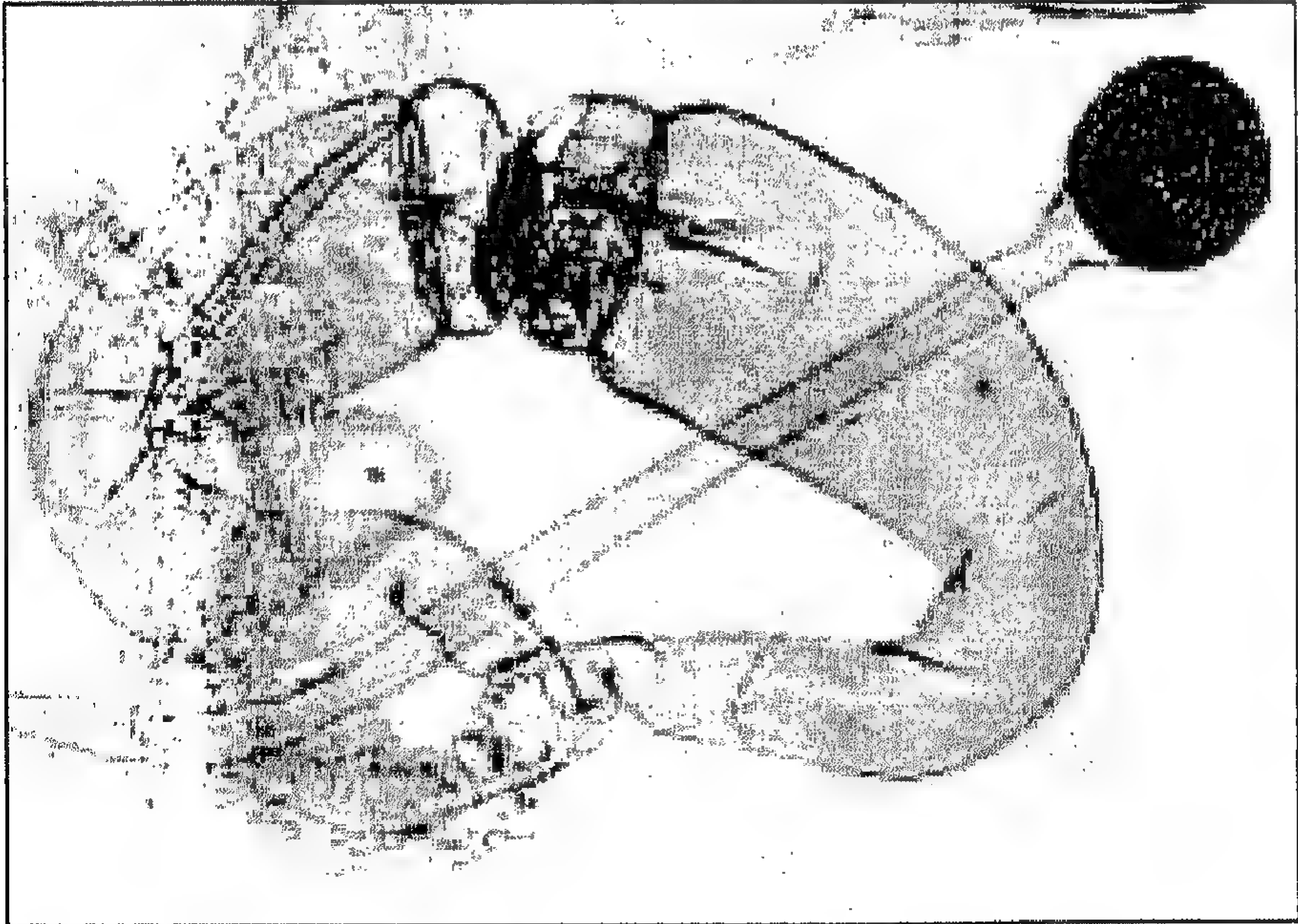
يعطى الفطر على الأوساط الغذائية كمية وافرة من الميسليوم الهوائى وقلة من

الاسبورانجيات، إلا أنه بقطع جزء من الآجار من المزرعة ووضعه فى الماء المقطر، فإنها تعطى عدد وافر من الحوامل الإسبورانجية.

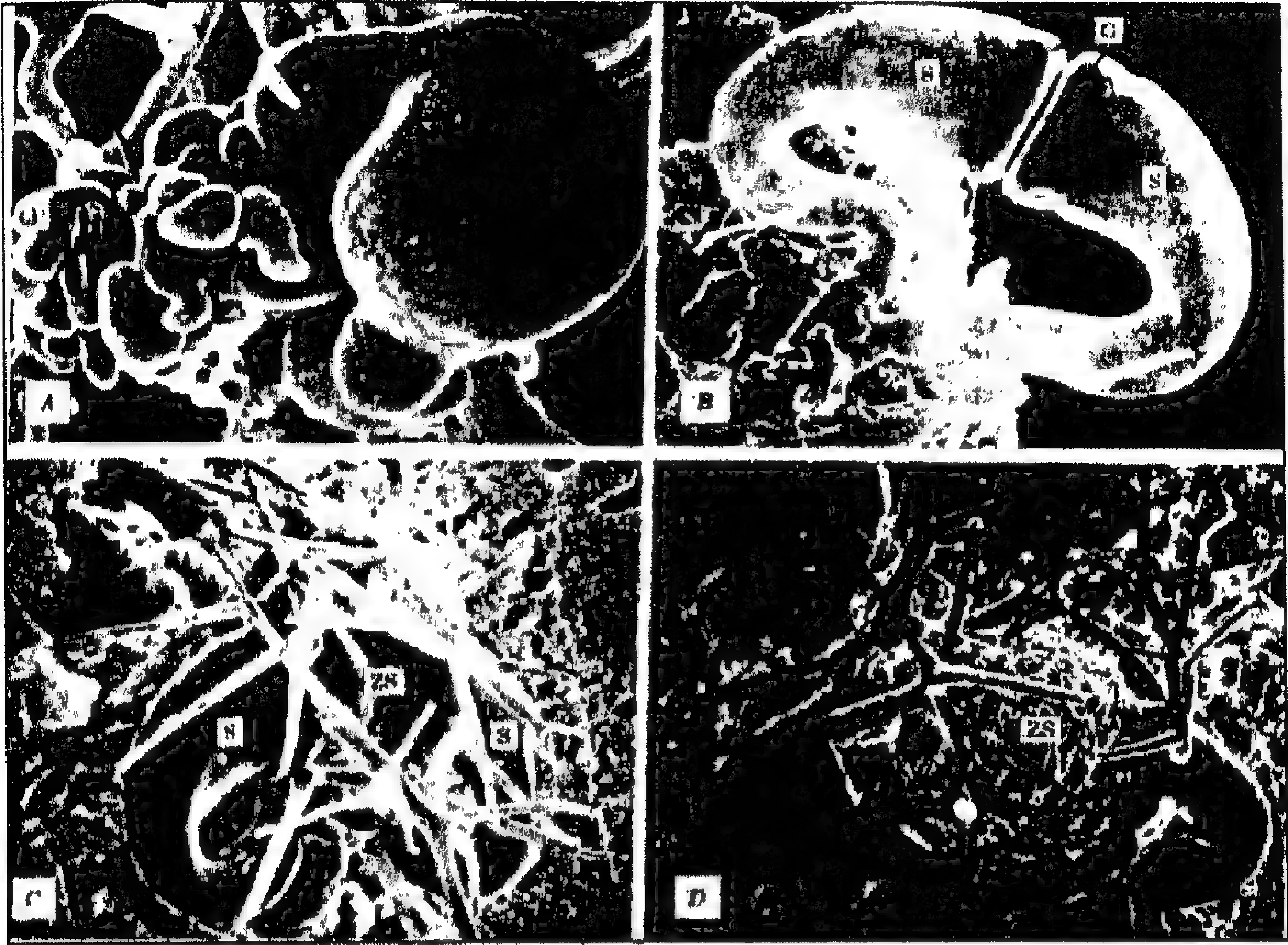
٤-٣-١-١-٧ الفصيلة الفايكوميستية

Family Phycomycetaceae

فصلت أنواع هذه الفصيلة عن الفصيلة الميوكورية، حيث تمتاز بتكوين حوامل إسبورانجية غير متفرعة ذات لون أخضر معدنى، ينضغط الحامل الإسبورانجي الطويل مباشرة أسفل الكيس الإسبورانجى الكبير نسبياً شكل (٤-٣-١-١-٧-١). يحتوى الكيس ذو العويميد على ما يزيد عن ١٠٠,٠٠٠ جرثومة. الجراثيم الزيجية كبيرة الحجم وتنشأ على سطح وداخل الطبقة التحتية شكل (٤-٣-١-١-٧-٢) .



شكل (٤-٣-١-١-٧-١) منظر عام للفطر *Phycomyces blakesleeanus* يوضح طور التكاثر اللاجنسى (الحامل الإسبورانجى والكيس الإسبورانجى) وطور التكاثر الجنسى (الجرثومة الزيجية).



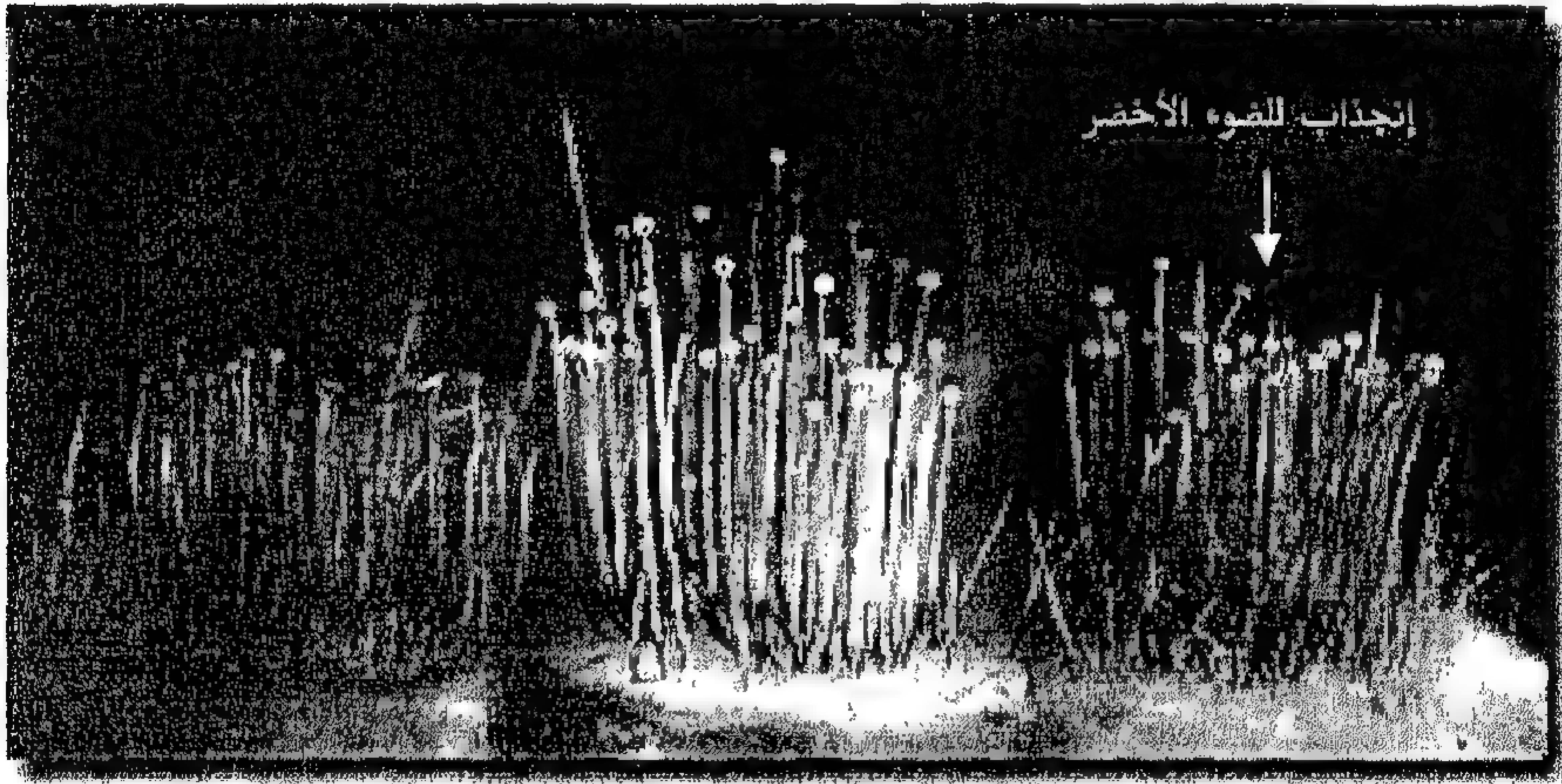
شكل (٤-٣-١-١-٧-٢) مراحل تكوين الجرثومة الزيجية فى الفطر *Phycomyces blakesleeanus*

S المعلق، ZS جرثومة زيجية G جاميطة.

جدار الجرثومة الزيجية داكن اللون، صلب، يحمل معلقات ذات زوائد متفرعة ثنائياً، صلبة، المعلقات متجانسة التموضع وتأخذ شكل اللسان فى مجملها. تنمو أفراد هذه الفصيلة جيداً على درجة ٢٥°م، ويمكن عزلها بسهولة من روث الحيوانات. النوع *Phycomyces blakesleeanus* هو أكثر الكائنات رؤية على الروث أو على المواد العضوية المتحللة، وقد استخدم هذا الفطر كنموذج تجريبى، حيث لفت الأنظار إليه بسبب طبيعة نموه وتركيب الجهاز اللاجنسى، يعطى الفطر نمطان من الحوامل الجرثومية يشار إليهما بالحامل الدقيق microphores والحامل الكبير macrophores. يقترب طول الحامل

الدقيق من ١مم ويحمل على طرفه كيس إسـبورانجى يحـوى قرابـة ١٠٠ جرثومـة، ويـؤدى التجويع والحرارة المنخفضة وغمر المستعمرة بالماء إلى تكوين الحامل الدقيق.

أما الحامل الكبير فيتراوح طوله من ١٠٠ إلى ٥٠٠ مم، يبدو ذو تركيب معدنى، يحمـل كل منها كيس إسبورانجى كـبير يحـوى قرابـة ١٠٠٠٠٠ جرثومـة. يسـتطيع هـذا الحامـل تحاشى كل معوقات نموه، موجب الانجذاب الضوئى، سالب الإنتحاء للجاذبيـة، ينجـذب بصفة خاصة للضوء الأزرق (شكل ٤-٣-١-١-٧-٣) ينجذب الحامـل الإسـبورانجى لضـوء النجوم، وبذلك يتجه إلى الأماكن المفتوحة، حيث يمكن للجـراثيم الإسـبورانجية أن تلتصـق بأسطح النبات حيث يلتهمها الحيوان.



شكل (٤-٣-١-١-٧-٣) إنجذاب الحامل الإسبورانجى للفطر *Phycomyces blakesleeanus* للضوء الأزرق.

٤-٣-١-١-٨ الفصيلة الأبسيدية

Family Absidiaceae

تعد الفصيلة الأبسيدية من أكبر فصائل الميوكورات، وذلك طبقاً لما تحويـه مـن أنـواع. أفراد الفصيلة تعطى أكياس إسبورانجية apophysate، ذات جـدار سـريع الـزوال وأحيانـاً ثابت التركيب، عادة توجد أشباه جذور وهيفات جارية، الجـراثيم الزيجيـة ذات معلقـات

متجانسة التوضع opposed.

توجد أفراد هذه الفصيلة في الروث والتربة وغيرها من المادة العضوية، كما يسبب الكثير منها فساداً للأغذية وعفناً للخضروات والفاكهة وبعضها ممرض للإنسان والحيوان. ولبعض أفرادها أهمية اقتصادية فى إنتاج الكثير من الأغذية والمواد العضوية، بالإضافة لإمكانية استخدام بعضها لاستخلاص العناصر النادرة من أماكن تواجدها.

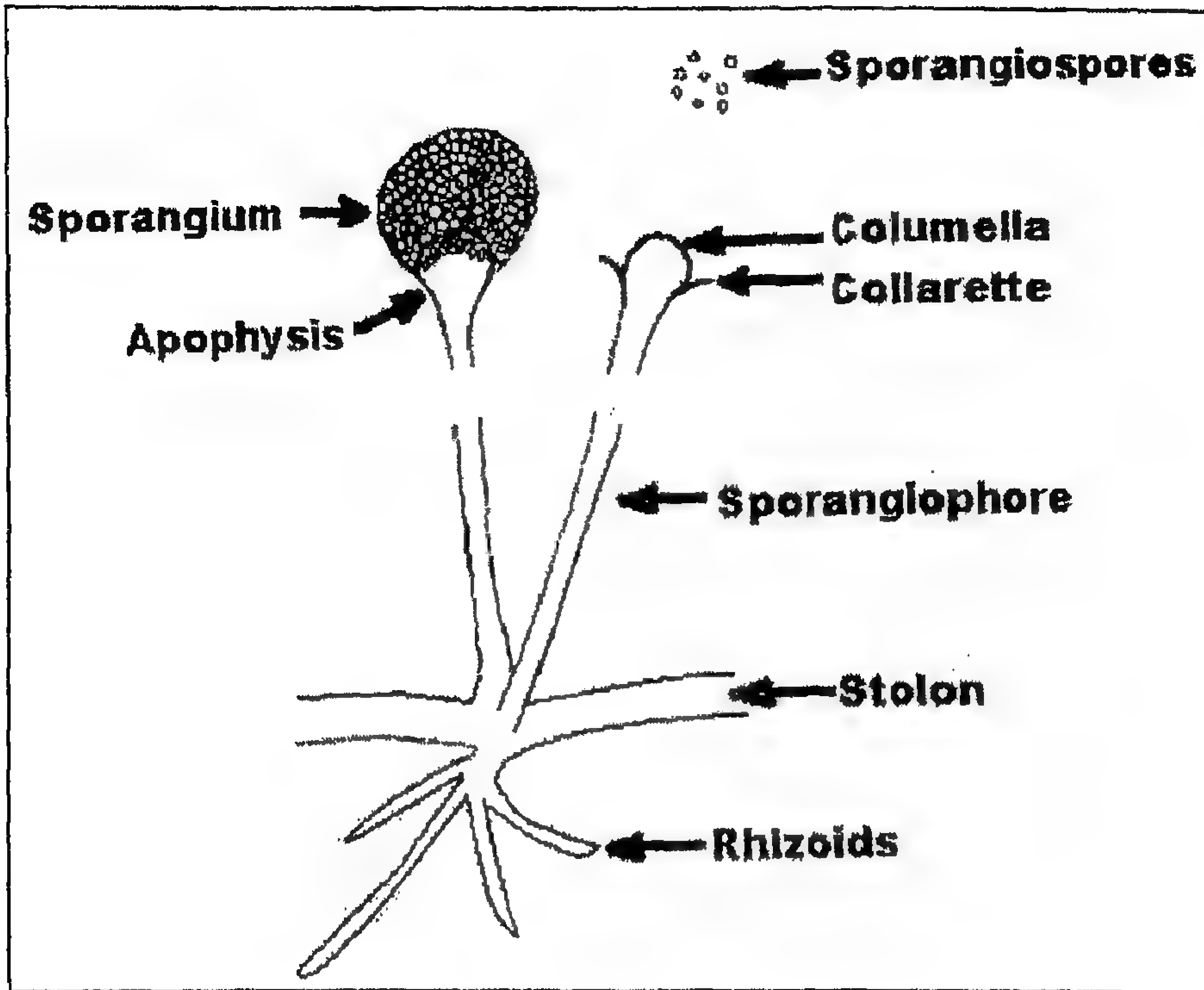
تضم الفصيلة جنسين هما : الجنس *Rhizopus* والجنس *Absidia*.

الجنس ***Rhizopus*** هو الجنس الأشهر فى الزيجوميكوتات، ولا يوجد جنس يضم من المرادفات مثل هذا الجنس، وبسبب سرعة نموه (التى تصل إلى ٥سم فى اليوم) وإنتاجه لأعداد هائلة من الجراثيم الإسبورانجية، فهو يسبب إزعاجاً للمشتغلين بعلوم الفطر، حيث يعتبر من أكثر الفطريات الملوثة للمستعمرات إنتشاراً.

تمتاز أفراد هذا الجنس بوجود أشباه جذور rhizoids (زوائد قصيرة تشبه الجذور) والتى تظهر فى قاعدة الحامل الإسبورانجى Sporangiophores، الذى ينتهى بكيس إسبورانجى apophysate والذى يحتوى على عدد كبير من الجراثيم الإسبورانجية، وبداخل الكيس يوجد العويميد Columella والذى ينهار ليعطى شكلاً يشبه المظلة، ويؤدى تمزق الكيس إلى ترك أثر Collarette. ويوضح شكل (٤-٣-١-١-٨-١) منظراً عاماً لشكل أنواع جنس *Rhizopus*.

وصف Ehrenberg عام ١٨٢٠م الجنس *Rhizopus* استناداً إلى *Rhizopus nigricans*، اسم النوع غير الصحيح والذى سرعان ما أطلق عليه *Mucor stolonifer*، والذى سبق أن وصفه Ehrenberg عام ١٨١٨م وفى عام ١٩٠٢ أطلق Vuillemin عليه *Rhizopus stolonifer* وأكد ذلك Lind عام ١٩١٣م.





شكل (٤-٣-١-١-٨-١) منظر عام لجنس *Rhizopus*

يضم الجنس *Rhizopus* عدداً كبيراً من الأنواع الموصوفة، إلا أنه نظراً لوجود بعض الأنواع تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان، لذلك أصبح من الضرورى إعادة دراسة وتقسيم أنواع هذا الجنس، بالإضافة لوجود عدد كبير من المرادفات.

لذلك، فقد قام Schipper عام ١٩٨٤م بإعادة مراجعة مختلف عزلات هذا الجنس والتى توجد فى مجموعة CBS، حيث قام بدراسة ٨٢ سلالة والتى حصل عليها تحت ٥٢ اسم مختلف.

غطت الدراسة الصفات الشكلية العامة، ودراسة المنمنات على الجراثيم باستخدام الميكروسكوب الالكترونى الماسح، إنتاج الجراثيم الزيجية فى اختبارات تلاقى العزلات،

وتأثير الحرارة على النمو وعلاقة الفطر بدرجة الحرارة.

استخدمت الأوساط الغذائية المعروفة لدراسة النواحى الشكلية منها وسط أجار المولت (MEA)، ولتجارب التزاوج استخدمت أوساط مختلفة وهى وسط MEA، يحتوى على ٣,٥٪ جلوكوز ودرجة حموضة ٧، ووسط أجار البطاطس PDA يحتوى على ٢٪ جلوكوز ودرجة حموضة ٦,٦ و Cherry decoction (CHA) درجة حموضة ٣,٨ – ٤,٦، أجار مستخلص الخميرة (YEA) : ٤جم مستخلص خميرة، مستخلص مولت ١٠جم و ٤ جم جلوكوز / لتر ودرجة حموضة ٧,٣. تم تنمية الفطر فى أطباق بترى قطرها ٩٠مم، تحتوى على ١٥مل وسط غذائي. علاقة النمو / درجة الحرارة قدرت بسرعة النمو على فترات ٢٤ و٤٨ و ١٢٠ ساعة، أخذت أطوال الحوامل الإسبورانجية من نقطة ولادة الحامل على الهيفا الجارية، كما تم قياس حجم الكيس الإسبورانجى، حيث تم تقدير الحجم الأقصى للكيس والعويميد والجراثيم الزيجية. وتم تقدير تكوين الجراثيم الزيجية فى المستعمرات المغمورة بالماء.

الصفات العامة للجنس *Rhizopus*

غالباً ما تتكون الحوامل الإسبورانجية على الهيفات الجارية يقابلها أشباه الجذور، إما مفردة أو فى عناقيد، غير متفرعة، تحمل فى نهايتها الأكياس الإسبورانجية متعددة الجراثيم. الأكياس الإسبورانجية كروية، عويميدية apophysate، رمادية إلى بنية عند النضج. الجراثيم الإسبورانجية تحت كروية (sub.) globose إلى إهليلجية وزاوية. الجراثيم الزيجية مغطاة بالأشواك أو النتوءات، تتكون على الميسليوم الهوائى بين معلقات غير منمنمة، متشابهة. النوع الممثل هو *R. stolonifer* . يختلف الجنس *Rhizopus* عن الجنس *Mucor* والجنس *Phycomyces* بإحتوائه على هيفات جارية وأشباه جذور، وهو

يختلف عن الجنس *Actinomucor* بأن إسبورانجياته سوداء اللون على حوامل إسبورانجية غير متفرعة، تنشأ من هيفا جارية جيدة التكوين ذات أشباه جذور واضحة. كما يختلف عن الجنس *Absidia* بأن إسبورانجياته كروية إلى شبه كروية على حوامل إسبورانجية غير متفرعة تقابل أشباه الجذور. أما الجنس *Thermomucor* فذو حوامل إسبورانجية متفرعة، أما الجنس *Rhizomucor* فذو إسبورانجيات non-apophysate على حوامل إسبورانجية متفرعة وهيفات جارية ضعيفة التكوين وأشباه جذور. وفيما يلي مفتاح لتعريف مجاميع groups الجنس *Rhizopus*.

مفتاح لتعريف مجاميع groups الجنس *Rhizopus*

١- لا يزيد طول الحوامل الإسبورانجية عن ٠,٨مم، أشباه الجذور بسيطة، يصل قطر الكيس الإسبورانجي إلى ١٠٠ ميكرومتر، تنمو غالباً على درجة ٤٥°م.

Rh. microsporus group

- الحوامل الإسبورانجية غالباً أطول من ١مم، أشباه الجذور ذات تفرعات ثانوية، يزيد قطر الإسبورانجيا غالباً عن ١٠٠ ميكرومتر: لا ينمو على درجة ٤٥°م........٢

٢- يصل قطر الإسبورانجيا إلى ٢٧٥ ميكرومتر، لا ينمو على درجة ٣٦°م

Rh. stolonifer-group

- لا يزيد قطر الإسبورانجيا عن ٢٤٠ ميكرومتر، ينمو على درجة ٣٦°م

Rh. oryzae

ويوضح الجدول التالى الصفات العامة للمجاميع

الصفة	Stolonifer group	Oryzae	microsporus-group
أشباه الجذور	معقدة جيدة التكوين	متوسطة	بسيطة
الحوامل الإسبورانجية	١–٣ (٤) مم طولا	أقصى طول ١–٢,٥مم	غالباً تصل إلى ٠,٥مم ونادراً ما تصل إلى ١مم
الكيس الإسبورانجي	(١٥٠) ٢٥٠ – ٢٧٥ (٣٠٠) ميكرومتر فى القطر	القصوى ١٦٠–٢٤٠ ميكرومتر	يصل إلى ١٠٠ ميكرومتر فى القطر
الجراثيم الزيجية	سوداء تصل إلى ٢٢٥ميكرومتر فى القطر	بنية، تصل إلى ١٤٠ ميكرومتر فى القطر	رمادية – بنية تصل إلى ١٠٠ ميكرومتر فى القطر
المعلقات	تقريباً متساوية	غير متساوية	غير متساوية
الدرجة القصوى للنمو	(٣٣) ٣٦°م	٤٥°م	أعلا من٤٥°م
تواجده	على الثمار عالية النضج	مخمرات للغذاء ومسبب للأمراض فى الإنسان والحيوان	مسببات للأمراض فى الإنسان والحيوان

مجموعة *Rhizopus oryzae , Rhizopus stolonifer*

مجموعة *Rhizopus stolonifer*

التراكيب اللاجنسية :

أشباه الجذور جيدة التكوين، يصل إرتفاع الحوامل الإسبورانجية إلى ٢٠٠٠ ميكرومتر، القطر ٢٠–٢٥ ميكرومتر، يصل قطر الإسبورانجيا إلى ٢٥٠ ميكرومتر، يصل إرتفاع العويميد إلى ما يزيد عن نصف إرتفاع الكيس الإسبورانجى، العويميد الأكبر قمعى – أسطوانى الشكل، رمادى إلى بنى، الجراثيم الإسبورانجية كروية – زاوية إلى إهليلجية، ذات جروف على السطح، لا ينمو على درجة ٣٣°م.

الجراثيم الزيجية :

أنواع مجموعة *Rh. stolonifer* متجانسة أو غير متجانسة الثالوس، وهى تنتج جراثيم زيجية كبيرة الحجم – سوداء اللون، تتباين المنمنات على الجدار الخارجي للجرثومة تبايناً كبيراً عن مجموعتى *Rh. microsporus* و *Rh. oryzae* وداخل مجموعة *Rh. stolonifer* فتوجد اختلافات شكلية فى مراحل تكوين الجرثومة الزيجية أو فى شكل وحجم أزواج المعلقات.

تمكن Schipper (١٩٨٤م) من إنتاج الجراثيم الزيجية على أوساط غذائية مختلفة فى ظروف الرطوبة العالية جداً على درجة ٢٥–٢٧°م. وقد وجد أن إضافة حمض methyl4- trisporic, dihydrotrisporic للأوساط الغذائية لإحداث تحسين طفيف فى تكوين الجراثيم الزيجية فى أوساط التزاوج.

وقد تمكن Gauger عام ١٩٧٧م من استنبات الجراثيم الزيجية الناضجة والغير ناضجة وكذا المعلقات غير الناضجة للـ *Rh. stolonifer* المتزاوجة وقد حصل على مستعمرات (+) أو (–) من الجراثيم الزيجية الناضجة ومن الجراثيم الزيجية غير الناضجة فقد حصل على مستعمرات (+) و (–) و (±)، وقد انعزلت الأخيرة إلى (+) أو (–) وقد تفوقت أعداد (+) عن (–). وقد أدى إنبات المعلقات غير الناضجة لإعطاء مستعمرات لكل من الأبوين.

وصف Namyslowski (١٩٠٦م) سلالات متوافقة للنوع *Rh. stolonifer* وهى تعطى مستعمرات زيجوسبورية من جرثومة اسبورانجية واحدة، إذا ما نميت فى ظروف مناسبة، كما يلاحظ حدوث إقترانات بكرية وبكرية غير مكتملة.

يعد النوع *Rhizopus sexualis* نوع متجانس الثالوس، يشبه *Rh. stolonifer* من عدة وجوه، وقد قارب Callen عام ١٩٤٠م سلالات *Rh. sexualis* مع (+) و (–) لسلالات *Rh. stolonifer* وحصل على جراثيم زيجية مهجنة فى كلا الجانبين. إلا أنه لم يتمكن من إنبات الجراثيم الزيجية الناتجة.

وفيما يلى مفتاح للسلالات:

١- تتكون جراثيم زيجية فى المزارع الناتجة من جراثيم مفردة..........................٢

- لا تتكون جراثيم زيجية فى المزارع الناتجة من جراثيم مفردة.........................٣

٢- يصل قطر الأسبورانجيا إلى ما يزيد عن ١٥٠ ميكرومتر

Rh. sexualis var. sexualis

- قطر الأسبورانجيا لا يزيد فى أقصاه عن ١٠٠ ميكرومتر

Rh. sexualis var americanus

٣- الحوامل الإسبورانجية قائمة منتصبة

Rh. stolonifer var. stolonifer

- الحوامل الإسبورانجية منحنية جزئياً

Rh. stolonifer var. lyococcos

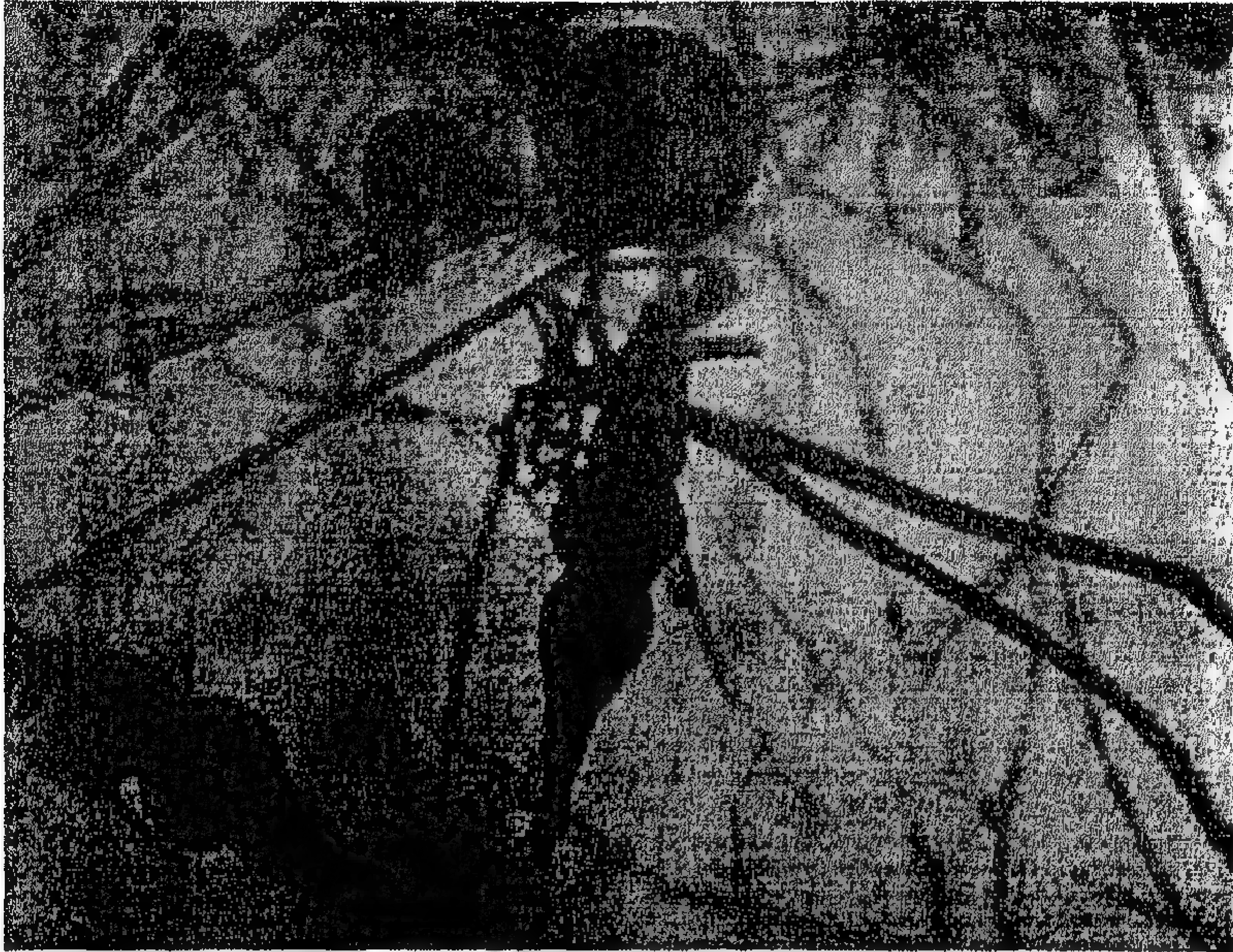
وصف السلالات:

Rhizopus stolonifer var. stolonifer ومرادفاته

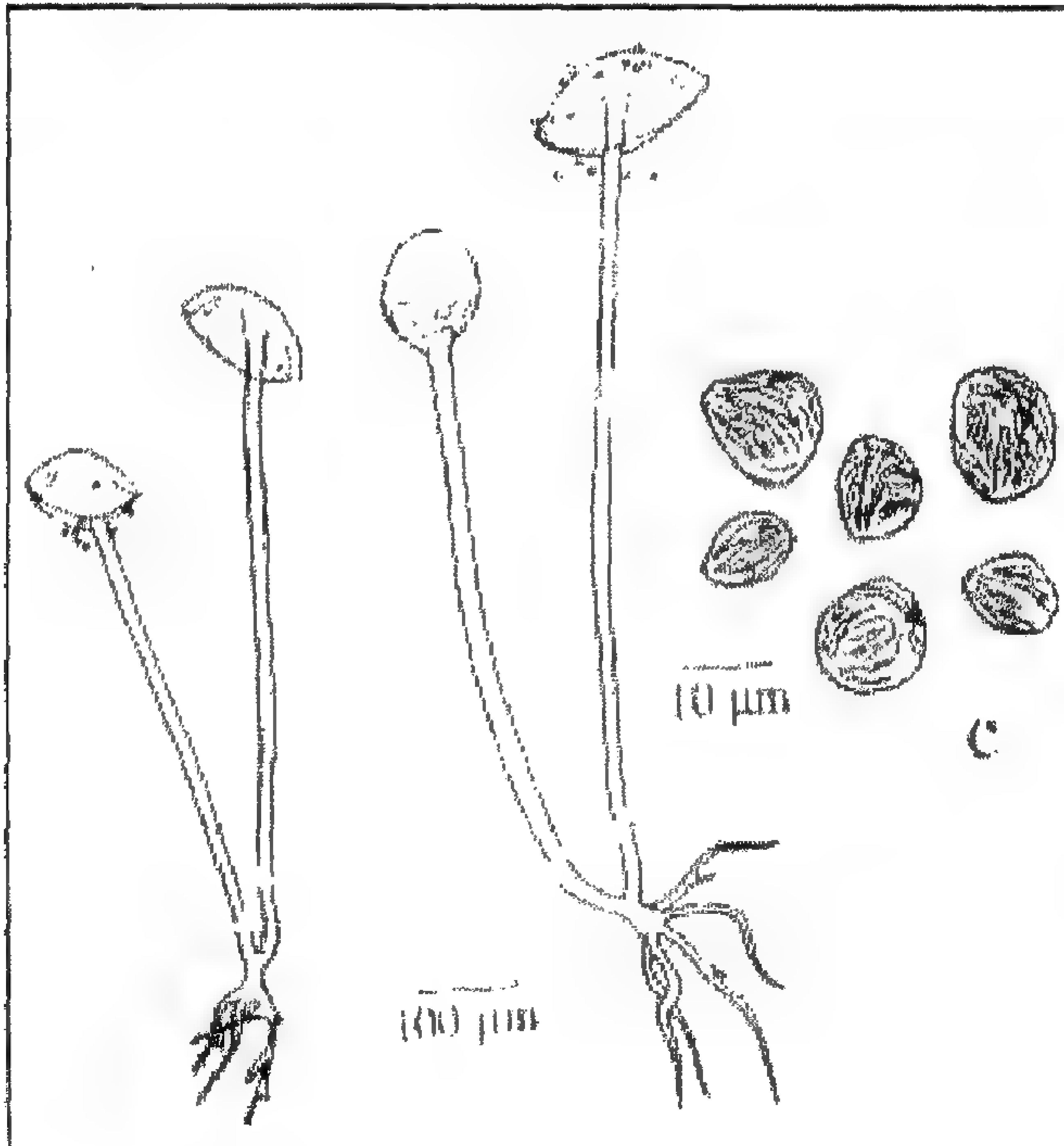
= *Mucor stolonifer*
= *Rhizopus nigricans*
= *Rhizopus stolonifer*
= *Rhizpous artocarpi*

المستعمرة مبيضة، ذات ميسليوم هوائى عقيم وبقع سوداء هى الاسبورانجيات وحوامل أسبورانجية داكنة، أشباه الجذور جيدة التكوين، الحوامل الإسبورانجية (على الهيفات الجارية) تصل إلى ٢٠٠٠ × ٢٠ ميكرومتر، بنية، فى مجاميع من ١ إلى ٣ (وأحياناً أكثر من ذلك) الإسبورانجيا مسودة، دقيقة المظهر، يصل قطرها إلى ٢٧٥ ميكرومتر، العويميد قمعى رمادى، يصل إرتفاعه إلى ١٤٠ ميكرومتر (نادراً أكبر)، الجراثيم الإسبورانجية زاوية - كروية - أهليليجية، يصل طولها إلى ١٣ ميكرومتر، مخططة بوضوح، لا يوجد نمو على درجة ٣٣°م، النمو والتجرثم على درجة ١٥ - ٣٠°م (شكل ٤-٣-١-١-٨-٢ أ و ب) .





شكل (٤-٣-١-١-٨-٢-أ) الفطر *Rhizopus stolonifer*



شكل (٤-٣-١-١-٨-٢-ب) منظر للحوامل الإسبورانجية *Rh. stolonifer* تعلوها العويميد والجراثيم الإسبورانجية (٢).

– الصنف *Rhizopus stolonifer* var. lyococcos ومرادفاته

= *Sporotrichum lyococcos*
= *Rhizopus reflexus*

يختلف هذا الصنف عن الصنف var *stolonifer* بتكوينه حوامل اسبورانجية منحنية وجراثيم اسبورانجية أصغر حجماً.

– الصنف *Rhizopus sexualis* var. sexualis ومرادفاته

= *Mucor sexualis*
= *Rhizopus sexualis*

المستعمرات مبيضة (بسبب وفرة الميسليوم العقيم)، أشباه الجذور قليلة وصغيرة، الحوامل الإسبورانجية (على الهيفات الجارية) يصل إلى ١٥٠٠ × ٢٠ ميكرومتر، بنى، قد يحدث تفرع ثنائي في القمة، الإسبورانجيات مسودة، دقيقية المظهر، يصل قطرها إلى ١٧٥ميكرومتر وأحياناً أكبر، العويميد قمعي – اسطواني، يصل ارتفاعه إلى ١٠٠ ميكرومتر، رمادى اللون، الجراثيم الإسبورانجية زاوية – كروية – إهليلجية، تصل إلى ١٣ (–١٥) ميكرومتر فى الطول، مخططة بوضوح. الجراثيم الزيجية (متوافقة الثالوس) سوداء، يصل قطرها إلى ١٥٠ ميكرومتر، ذات إنغماد غير ملموس، المعلقات كروية متساوية أو إلى حد ما متساوية. لا ينمو على درجة ٣٠°م، يحدث النمو والتجرثم على درجة ١٥–٢٥°م. شكل (٤–٣–١–١–٨–٣).



شكل (٤-٣-١-١-٨-٣) الجراثيم الزيجية إلى اليمين والجراثيم الاسبورانجية إلى اليسار للفطر *Rhizopus sexualis*

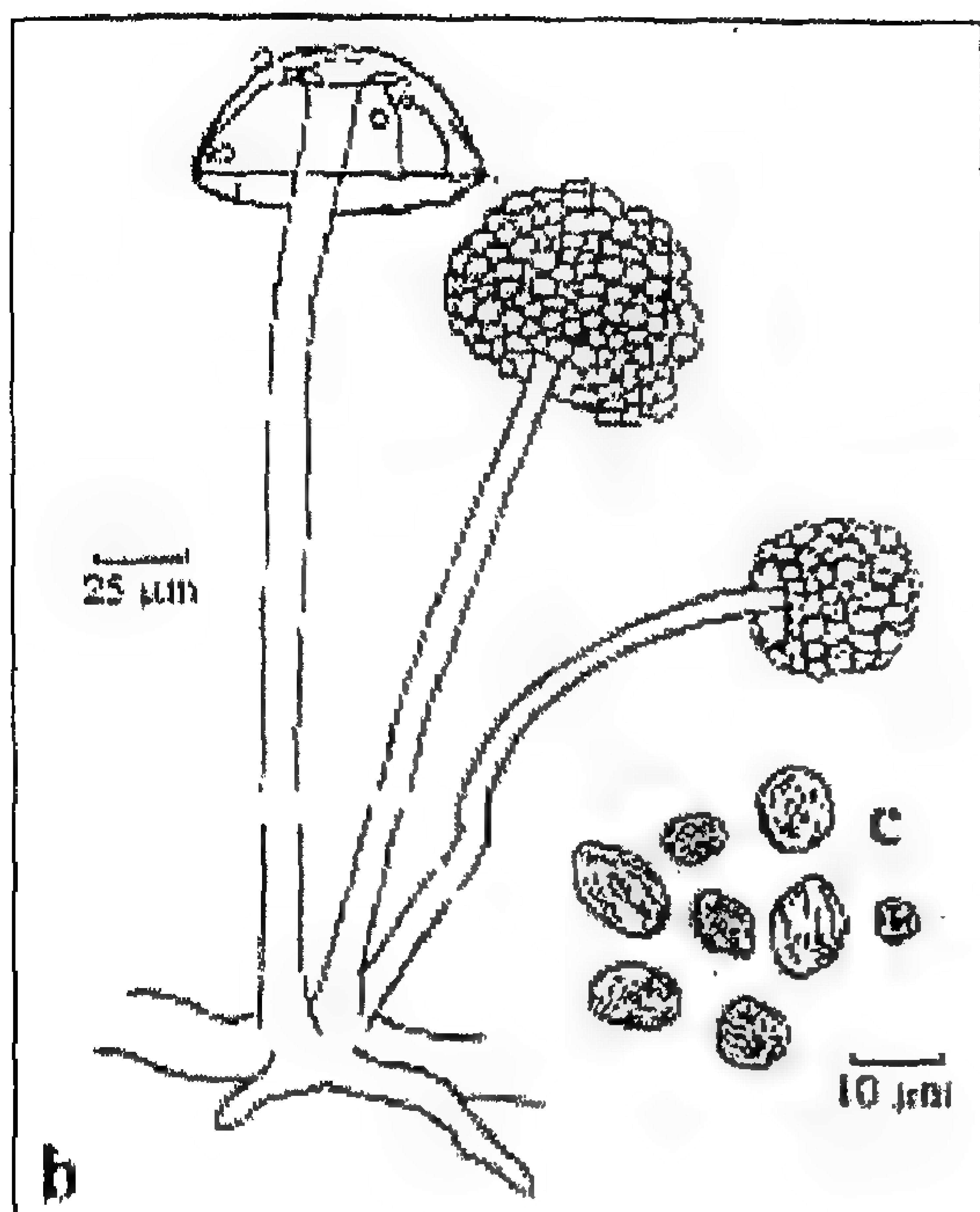
الصنف *Rhizopus sexualis* var. americanus

يختلف هذا الصنف عن الصنف var. *sexualis* فى أن حـواف الصـنف *americanus* غير منتظم الحافة، يصل طول الحامل الإسبورانجى إلى ٧٠٠ × ٨ ميكرومتر. يصل قطر الكيس الإسبورانجى إلى ٧٥ ميكرومتر، فى الغالب أصغر من ذلك، العويميد تحت كروى مسطح الحافة يصل إرتفاعه إلى ٣٠ ميكرومتر، يصل قطر الجرثومة الزيجية إلى ٢٢٥ ميكرومتر.

النوع *Rhizopus oryzae*

تم عزل أغلب عزلات *Rh. oryzae* كمكون فعال فى إنتاج أغذية الشرق الأقصى أو فى التخمرات الكحولية فى أندونيسيا والصين واليابان (شكل ٤-٣-١-١-٨-٤).

قسم Inui et al عام ١٩٦٥م الجنس إلى أقسام استناداً إلى الإستجابات الحرارية. وفى القسم Oryzae يحتوى على الأنواع التى تنمو جيداً على درجة ٣٧°م وليس على درجة ٤٥°م فى محلول Pfeffer's.



شكل (٤-٣-١-١-٨-٤) النوع
Rhizopus oryzae

يرى Scholer (١٩٧٠م) أن كثيراً من الأنواع هى مرادفات للنوع *Rhizopus oryzae* وذلك استناداً للدراسات المورفولوجية والإلتقاءات الجنسية.

الخواص العامة :

تحتوى أغلب العزلات على أشباه جذور متوسطة الحجم، يصل طول الحامل الإسبورانجى إلى ١٠٠٠ - ١٥٠٠ ميكرومتر، عرضه (-١٠) ١٣ - ١٥ (-٢٠) ميكرومتر، توجد انتفاخات موضعية وتفرعات ثنائية، يصل قطر الاسبورانجيا إلى ١٥٠-١٧٠ ميكرومتر، العويميد إهليليجى على قاعدة مستوية، رمادى إلى بنى اللون، الجراثيم الإسبورانجية زاوية، تحت كروية إلى أهليليجية، ذات خطوط على السطح، يصل طولها إلى ٨ (-١٠) ميكرومتر، لا ينمو على درجة ٤٥°م؛ ينمو على درجة ٤٠°م.

الجراثيم الزيجية، لوحظ وجود جراثيم زيجية فى مزارع سلالة *Rh. nodosus* سوداء بنية قطرها ١٢٠ - ١٤٠ (-١٨٠) ميكرومتر، ذات انغمادات قمعية وتتولد بين معلقات



متساوية أو غير متساوية.

Rhizopus oryzae
Rhizopus arrhizus = *Mucor arrhizus*
Rhizopus oryzae
Rhizopus japonicus
Rhizopus tonkinensis
Rhizopus tritici
Rhizopus nodosus
Mucor norvegicus
Rhizopus batatas
Rhizopus delmer
Rhizopus kasanensis
Rhizopus usamii
Rhizopus formosaensis
Rhizopus maydis
Rhizopus liquefaciens
Rhizopus hangchao
Rhizopus pseudochinensis
Rhizopus chungkuoensis
Rhizopus shanghaiensis
Rhizopus peka
Rhizopus thermosus
Rhizopus boreas
Rhizopus fusiformis
Rhizopus suinus
Rhizopus achlamydosporus
Rhizopus bahrnensis
Rhizopus detmar var. *minimus*
Rhizopus javanicus
Rhizopus semarangensis
Rhizopus sontii
Rhizopus javanicus var. *kawasakiensis*

المرادفات

بالرغم من أن *Rh. arrhizus* قد وصف قبيل وصف *Rh. oryzae* إلا أن Scholer

(١٩٧٠م) يفضل استخدام المسمى الثانى، وطبقاً لرؤيته فإن *Rh. arrhizus* أكثر اتساعاً من *Rh. oryzae*، حيث يظهر عويميد مسطح وهو غير المعتاد فى *Rh. oryzae*. وقد عمد Vuillemin (١٩٠٦م) إلى اعتبار كل من *Rh. oryzae* , *Rh. Japonicus* أنواعاً منفصلة.

II – مجموعة *Rhizopus microsporus*

الصفات العامة :

العويميد: يتفاوت شكل وحجم العويميد تفاوتاً كبيراً فى أنواع وأصناف هذه المجموعة، وفى كثير من الحالات يصعب كثيراً وصف شكل العويميد. إلا أنه من الشائع وجود الشكل الكمثرى، وأحد السلالات ذات عويميد أهليليجى وهو الشكل الذى يتوسط الكمثرى الإهليليجى وتحت الكروى إلى القمعى.

الجراثيم الإسبورانجية: على أساس خواص الجراثيم، فإنه يمكن تمييز نوعين، الأكثر تجانساً، الجراثيم التحت كروية لا يزيد قطرها عن ٦,٥ (–٧,٥) ميكرومتر والمتباينة الشكل ويتراوح شكلها من تحت الكروى إلى الإهليليجى ويصل قطرها إلى ٩ ميكرومتر. وتعد الجراثيم متجانسة إذا كان الفرق بين أحجامها أقل من ٣ ميكرومتر، وتعد غير متجانسة إلى زاد التفاوت بين أحجامها عن ذلك.

تعد صفة استخدام نمنمة الجدار، أحد المشاكل التقسيمية القديمة، ذلك لأن الظروف المزرعية قد تؤثر كثيراً على شكل النمنمات على الجراثيم.

الجراثيم الزيجية: يمكن لجميع السلالات إنتاج جراثيم زيجية إذا ما زرعت متقابلة مع بعضها، يؤدى التزاوج لإنتاج جراثيم زيجية بنية مسودة، يصل قطرها إلى ٩٠ (–١٠٠) ميكرومتر، تتولد بين معلقات متساوية.

على أوساط الآجار المائل قديمة العمر للصنف *Rh. pseudochinensis* var ،

thermosus , *Rh. pygmaeus* يتكـون azygospores ذات معلـق واحـد ملحـوظ. وهـذه الجراثيم اللازيجية بنية – رمادية اللون، يصل قطرهـا إلى ٧٠ ميكـرومتر وقـد تكـون أصـغر حجماً.

وفيما يلي مفتاح لتعريف الأنواع والأصناف:

١- تتكون جراثيم زيجية في المزارع الناتجة من جرثومة واحدة

Rh. homothallicus

- لا تتكون جراثيم زيجية في المزارع الناتجة من جرثومة واحدة

Rh. microsporus

٢- الجراثيم الاسبورانجية أهليليجية – زاوية ومخططة

Rh. microsporus var. microsporus

- الجراثيم الاسبورانجية كروية، تحـت كرويـة أو أهليليجيـة عريضـة؛ ليسـت مخططـة بوضوح...(٣)

٣- نادراً ما يزيد قطر الجرثومة الإسبورانجية عن ٥ ميكرومتر، النمـو القطـرى علـى درجـة ٥٠°م (بعد ١٢٠ ساعة) ٣٥مم أو أكثر

Rh. microsporus var. rhizopodiformis

- يصل قطر الجرثومة الاسبورانجية إلى ٦ ميكرومتر، نادراً أكثر من ذلك، النمـو القطـرى على درجة ٥٠°م (بعد ١٢٠ ساعة) ١٠مم أو أقل..............................(٤)

٤- الجراثيم الإسبورانجية كروية، يزيد قطرها عن ٩ ميكرومتر متباينة

Rh. Microsporus var. oligosporus

- الجراثيم الاسبورانجية تحت كروية، زاوية ضـعيفة، يصـل قطرهـا إلى ٧,٥ ميكـرومتر، في الغالب متجانسة

Rh. Microsporus var. chinensis

الصنف ***Rhizopus microsporus*** **var. microsporus**

مستعمرة الفطر رمادية (بنية) شاحبة، أشباه الجذور بسيطة، الحوامـل الاسـبورانجية

(على الهيفات الجارية) يصل طولها إلى ٤٠٠ ميكرومتر وعرضها ١٠ ميكرومتر، إلا أنه فى الغالب أصغر، بنى، غالباً فى أزواج. الإسبورانجيات رمادية مسودة، دقيقية المظهر، يصل قطرها إلى ٨٠ ميكرومتر، العويميد (تحت) كروى إلى قمعى، رمادى، الجراثيم الإسبورانجية زاوية إلى أهليليجية متسعة، يصل طولها إلى ٦,٥ (–٧,٥) ميكرومتر، فى الغالب متجانسة، مخططة بوضوح، لا ينمو على درجة ٥٠°م، ينمو جيداً على درجة ٤٥°م.

الصنف *Rhizopus microsporus* var. rhizopodiformis ومرادفاته :

= *Mucor rhizopodiformis*
= *Rhizopus cohnii*
= *Rhizopus rhizopodiformis*
= *Rhizopus pusillus*

المستعمرات رمادية بنية داكنة، أشباه الجذور بسيطة، الحوامل الإسبورانجية على الهيفا الجارية يصل طولها إلى ٥٠٠ ميكرومتر، العرض ٨ ميكرومتر، بنية من ١–٤ حوامل معاً، الأكياس الاسبورانجية مزرقة إلى رمادية داكنة، دقيقية المظهر، يصل قطرها إلى ١٠٠ ميكرومتر، العويميد الأكبر كمثرى، رمادى، النسبة بين العويميد / الكيس الإسبورانجى ٤/٥، الجراثيم الإسبورانجية (تحت –) كروية، يصل قطرها إلى ٥ (–٦) ميكرومتر، أكثر تجانساً، ذات أشواك دقيقة، ينمو جيداً على ٥٠°م. ويؤدى الإلتقاء بين *Rh. mic.* var. rhizopodiformis, *Rh. mic.* var. microsporus لإنتاج وفرة من الجراثيم الزيجية.

الصنف *Rhizopus microsporus* var. oligosporus ومرادفاته

= *Rhizopus oligosporus*

المستعمرة صفراء شاحبة – بنية إلى رمادية، أشباه الجذور بسيطة، تحت شفافة، الحوامل الإسبورانجية على الهيفات الجارية يصل طولها إلى ٣٠٠ ميكرومتر، عرضها ١٥ ميكرومتر، تميل إلى البنى، فى مجاميع ١–٣، مسودة، يصل قطرها إلى ٨٠ (–١٠٠)

ميكرومتر، وغالباً ٥٠–٦٠ ميكرومتر، العويميد (تحت –) كروى إلى تحت كروى – قمعى، رمادى اللون، الجراثيم الإسبورانجية (تحت –) كروية، يصل قطرها إلى ٩ ميكرومتر، متباينة الشكل، الأكبر حجماً غير منتظمة. تعطى نمو ضعيف على درجة ٤٥°م ونمو جيد على درجة ٤٠°م.

الصنف **var. chinensis** ***Rhizopus microsporus*** ومرادفاته :

= *Rhizopus chinensis*
= *Rhizopus bovines*
= *Rhizopus chinensis var. liquefaciens*
= *Rhizopus pseudochinensis var. thermosus*
= *Rhizopus pygmaeus*

المستعمرات رمادية بنية شاحبة، أشباه الجذور بسيطة، الحوامل الإسبورانجية على هيفات جارية يصل ارتفاعها إلى ٥٠٠ (–٧٠٠) × ١٠ (–٢٠) ميكرومتر، ذات إتساع ضعيف فى إتجاه apophysis، نادراً جداً ما تتفرع بالقرب من القمة، ذات ١–٣ معاً، الأكياس الاسبورانجية مسودة، يصل قطرها إلى ٧٥ (–٨٠) ميكرومتر، العويميد تحت كروى – قمعى، رمادى، يصل إلى ٥٥ ميكرومتر إرتفاعاً، الجراثيم الإسبورانجية كروية – أهليليجية، بعضها زاوى ضعيف، بعضها "منهار" يصل قطرها إلى ٧,٥ ميكرومتر فى الغالب متجانسة. لا ينمو على درجة ٥٠°م، ينمو جيداً على درجة ٤٥°م، إلا أن الاسبورانجيات تبدو عقيمة.

النوع ***Rhizopus homothallicus***

المستعمرات رمادية – بنية داكنة، أشباه الجذور قليلة وبسيطة، شفافة، الحوامل الاسبورانجية هى نهايات لهيفات طرفية، فى مجامع ١–٣، تصل إلى ٨٥٠ × ١٥ ميكرومتر، تتسع فى إتجاه القمة، بنية، الإسبورانجيات رمادية مسودة، تصل إلى ١٠٠

(– ١٢٥) ميكرومتر فى القطر، العويميد قمعى متطاول، رمادى يصل إلى ٥٠ ميكرومتر فى الإرتفاع.

الجراثيم الإسبورانجية كروية – زاوية، تصل إلى ٧,٥ (–٨) ميكرومتر فى القطر، متجانسة الثالوس، الجراثيم الزيجية بنية – رمادية، تصل إلى ١٢٥ ميكرومتر شاملة الأشواك، المعلقات غير متساوية، الأكبر حجماً كروى، ينمو جيداً على درجة ٤٦°م ولا يتطور على درجة ٥٠°م.

تعد أنواع جنس *Rhizopus* ذات أهمية علمية بالغة، فالفطريات الزيجية تختلف عما عداها من فطريات أسكية وبازيدية فى أنها تخلو قمم هيفاتها من التركيب الغشائى المعروف Spitzenkorper وهو الذى يرجع إليه النمو القطبى لهذه الفطريات. لذلك تعد أنواع جنس *Rhizopus* ومنها النوع *Rh. stalonifer* ذات أهمية علمية بالغة لمعرفة ميكانيكية النمو الموجه (القطبى) فى الكائنات الأرقى.

بالإضافة لذلك، فالنوع *Rh. arrhizus* أحد الأنواع شديدة الأهمية وذلك فى مجالات البحث العلمى والتكنولوجيا الحيوية. فأحد جوانب أهميته الفائقة هو استخدامه فى تحولات الستروئيدات، حيث يمكنه أن يحول مادة diosgenin المستحضرة من البطاطا الحلوة المكسيكية إلى مركب وسطى والذى يمكن أن يتحول بكلفة قليلة إلى مادة الكورتيزون، فقبل الوصول لهذه الطريقة كان الكورتيزون يتم تحضيره من حمض dexoycholic عبر سبعة وثلاثين خطوة كيميائية، وبعض هذه الخطوات يتطلب حرارة عالية وضغط عال بالإضافة للإحتياج إلى مذيبات شديدة الكلفة، وفى هذه الطريقة كانت كلفة إنتاج جرام واحد من الكورتيزون هى ٢٠٠ دولار، وقد أدى استخدام الفطر *Rh. arrhizus* إلى خفض كلفة إنتاج جرام من الكورتيزون إلى ٠,٤٦ دولار.

يمثل النوع *Rh. arrhizus* أهمية أخرى فى الإنتاج الصناعى، هو إنتاج إنزيم ليباز Lipase والذى يستخدم علمياً وصناعياً فى الكثير من المجالات. كذلك فإن لهذا النوع أهمية بالغة فى دراسة الإمتصاص الحيوى لأيونات المعادن الصلبة، لذلك فهو يعد ذو أهمية بالغة فى الهندسة البيئية، وإحدى الطرق المنتشرة فى تنظيف البيئة من التلوث بالمعادن الثقيلة.

يعد النوع *Rhizopus oligosporous* ذو أهمية غذائية بالغة فى اليابان ودول جنوب شرق آسيا لإنتاج tempeh من فول الصويا المطهى، حيث ينمو الميسليوم عبر أجزاء فول الصويا معطياً للـ tempeh ملمسه عند المضغ بالإضافة للرائحة المميزة. وفى هذه البلاد يستخدم tempeh أما عميق التحمير أو يقلى فى مقلاة غير عميقة أو يطبخ فى أفران أو يعرض للبخار.

يستخدم النوع *Rh. arrhizus = Rh. oryzae* لإنتاج الدكسيتروز من النشا، كما يستخدم لإنتاج الكثير من الأحماض العضوية مثل حمض اللاكتيك وحمض الفيوماريك وإنتاج الجبن وتخمير الكثير من الأغذية لإنتاج الكحول وصناعة الورق.

بعض الأنواع تصيب الإنسان وتسبب ما يعرف بـ Zygomycosis والذى يشتمل على pulmonary, gastrointestimal , genitourinary, rhinocerobral, mucocutaneous والذى كثيراً ما يحدث فى حالات أعراض نقص المناعة والتى تعد أهم العوامل المهيئة للإصابة وكذا مرضى السكرى ketoacidosis والحروق. ويأتى على رأس الأنواع المسببة للحالات المرضية النوع *Rh. arrhizus* والصنف *Rh. microsporus* var. rhizopodiformis وتستطيع الأنواع الممرضة النمو جيداً على درجة ٣٧°م.

تسبب بعض الأنواع بعض الأمراض النباتية شديدة الوطأة. فمن الشائع رؤية أعفان الثمار الناضجة وعلى رأسها النوع *Rh. stolonifer*، كما يسبب النوع *Rh. arrhizus* العفن

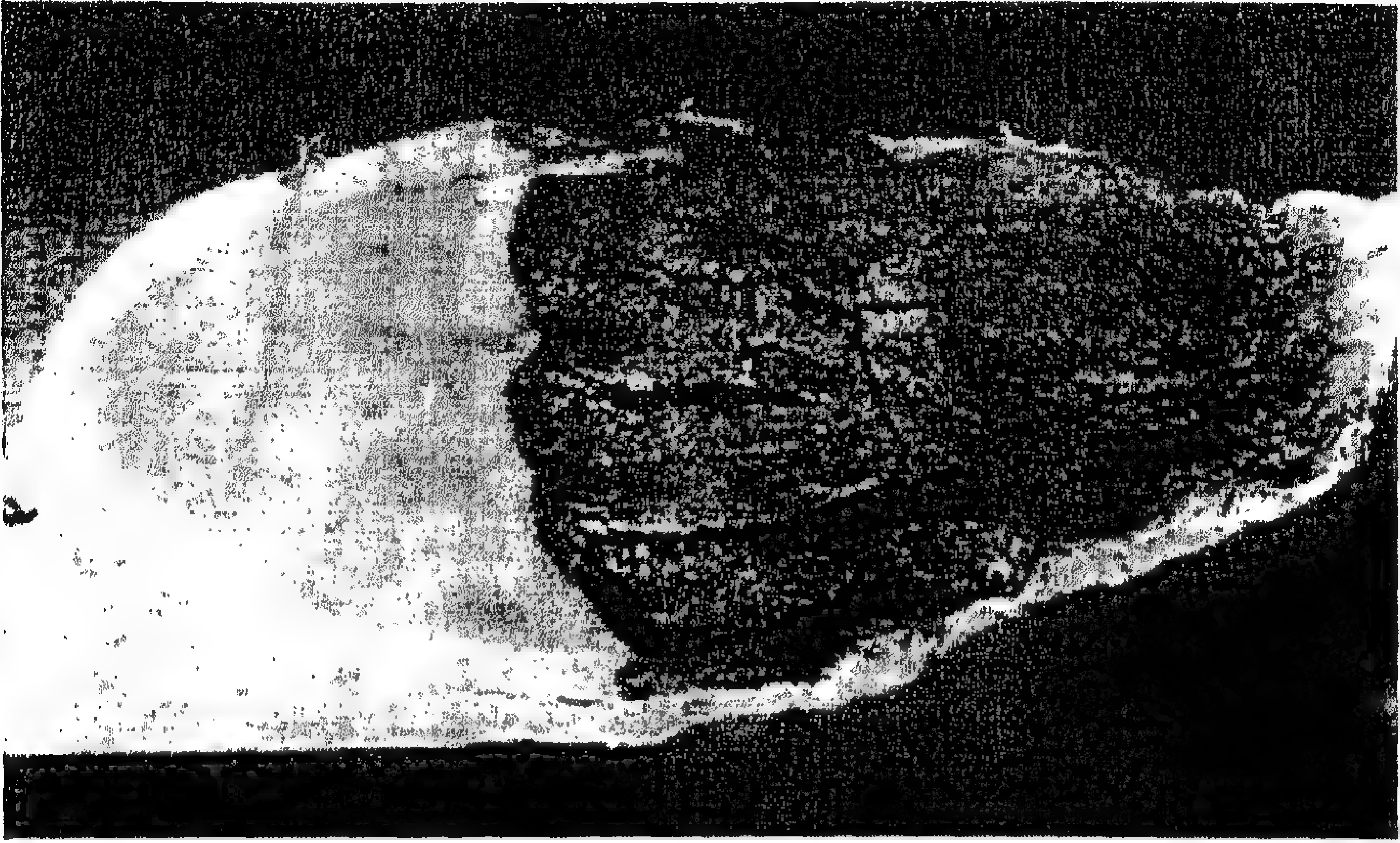
القمى فى نباتات الدخان وأعفان الرأس فى نبات الشمس (شكل ٤-٣-١-١-٨-٥) وعفن جذور البنجر الذى يؤدى للذبول المؤقت للمجموع الخضرى وذلك خلال فترات التوتر (نقص الماء مثلا) والذى يتحول إلى ذبول مستديم مع تقدم الإصابة، وبعد موت النبات يصبح المجموع الخضرى والجذر جافاً، وتبدو الأنسجة المصابة رمادية بنية مع تلون الحزم الوعائية (شكل ٤-٣-١-١-٨-٦) ويسبب النوع *Rh. stolonifer* عفن جذور البطاطا (شكل ٤-٣-١-١-٨-٧).



شكل (٤-٣-١-١-٨-٥) : عفن الرأس فى نبات الشمس المتسبب عن الفطر *Rh. arrhizus* والذى يحدث عقب حدوث ثقوب بالنورة نتيجة تغذية الطيور والإصابة الحشرية



شكل (٤-٣-١-١-٨-٦):
أعراض الإصابة بعفن الجذور فى نبات البنجر المتسبب عن الإصابة ببعض أنواع جنس *Rhizopus*



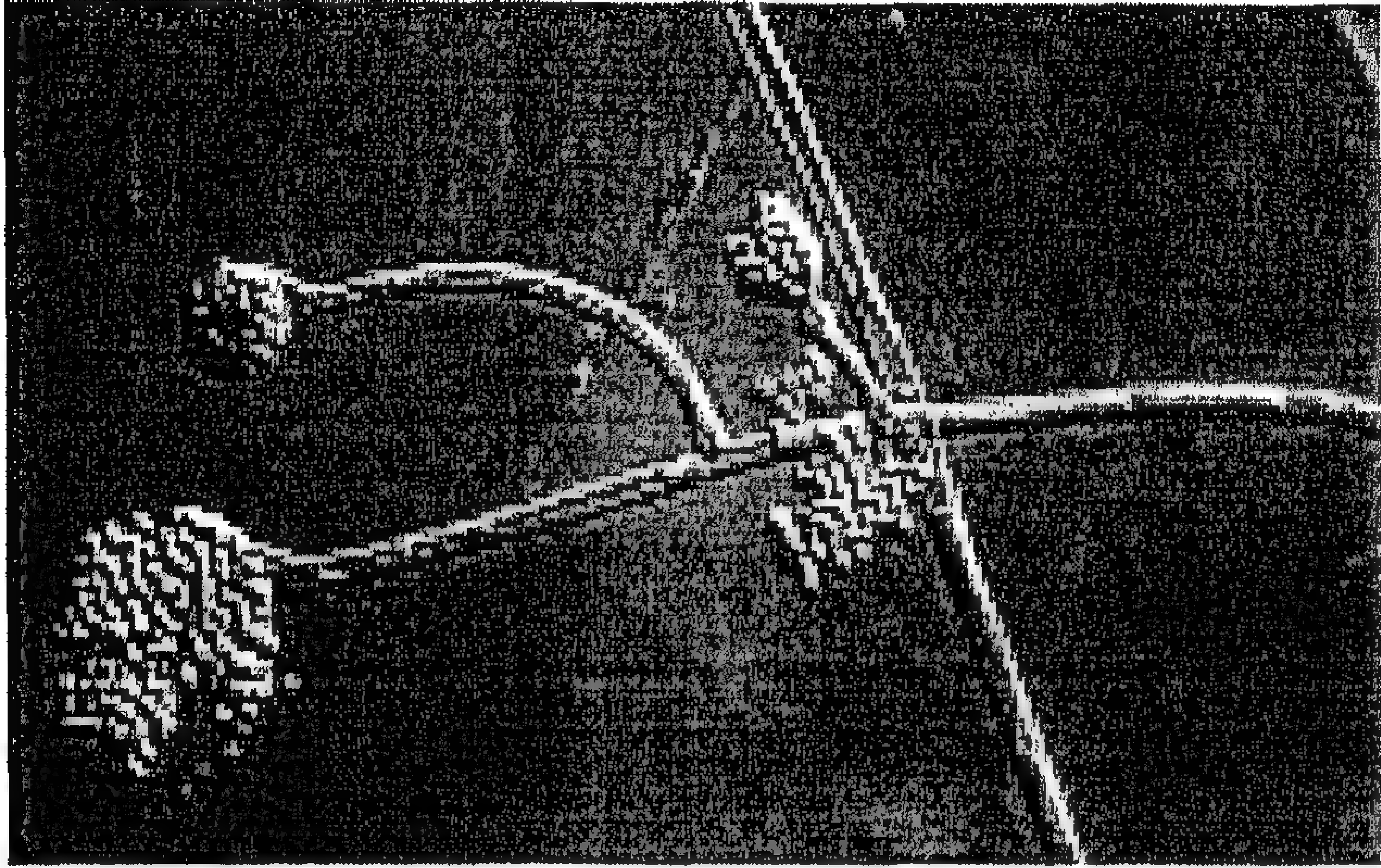
شكل (٤-٣-١-١-٨-٧) : أعراض الإصابة بعفن جذور البطاطا المتسبب عن بعض أنواع جنس *Rhizopus*

تصيب بعض أنواع هذا الجنس جذور نبات الخس مسبباً فى حدوث انتفاخات على جذور الشتلات والذى يؤدى فى النهاية إلى موت النبات، يرجع هذا العرض للتوكسين المعروف rhizoxin وهو macrocyclic polyketide والذى يتحد مع β. tubulin وبذلك يعيق دورة الخلية. وقد لفت هذا التوكسين إليه الإنتباه حيث يمكن استخدامه كعقار ضد الأورام السرطانية فى الإنسان.

الجنس ***Absidia*** يضم الجنس *Absidia* إحدى وعشرون نوعاً، أغلبها مترممات فى التربة، ويعد النوع *A. corymbifera* هو النوع الوحيد من هذا الجنس الذى يسبب أمراضاً للإنسان والحيوان.

مستعمرات الفطر سريعة النمو، مفككة، بيضاء فى البداية ثم تصبح رمادية شاحبة مع تقدم المستعمرة فى العمر، يصل ارتفاع المستعمرة إلى ١,٥سم. الحوامل الإسبورانجية شفافة إلى ضعيفة الإصطباغ، بسيطة، أحياناً متفرعة، تنشأ مفردة على الهيفا الجارية أو فى

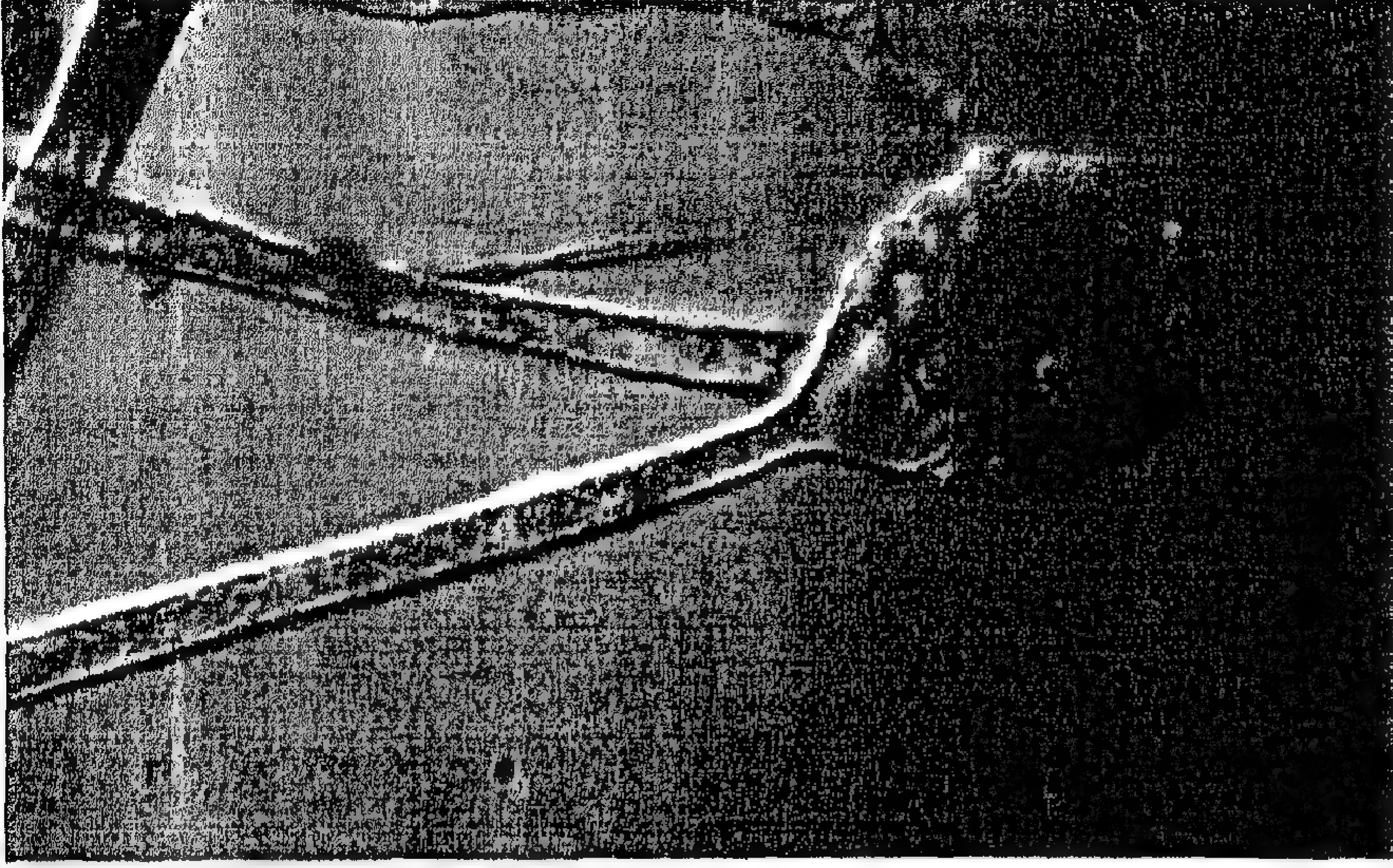
مجاميع من ثلاثة حوامل أو فى مجاميع ملتفة تصل إلى سبعة حوامل. ويوضح شكل (٤-٣-١-١-٨-٨) منظر عام لحوامل الفطر الإسبورانجية تخرج من الهيفا الجارية.



شكل (٤-٣-١-١-٨-٨) : منظر عام للحوامل الإسبورانجية فى الجنس *Absidia*

يتميز جنس *Absidia* بتمايز هيفاته إلى هيفات جارية عنكبوتية، تحمل قليلاً أو كثيراً من الحوامل الجرثومية السوارية عند العقد، تتكون أشباه الجذور فى نقاط التلامس مع الوسط الغذائى (عند العقد)، هذه الخاصية تفصل أنواع جنس *Absidia* عن الجنس *Rhizopus*. الأكياس الاسبورانجية صغيرة نسبياً، كروية أو كمثرية، كما أنها مدعمة بـ *apophysis* يشبه القمع (شكل ٤-٣-١-١-٨-٩) وهذا ما يفصل الجنس *Absidia* عن الجنس *Mucor* ,*Rhizomucor* حيث أن لهما أكياس إسبورانجية كبيرة بدون apophysis.

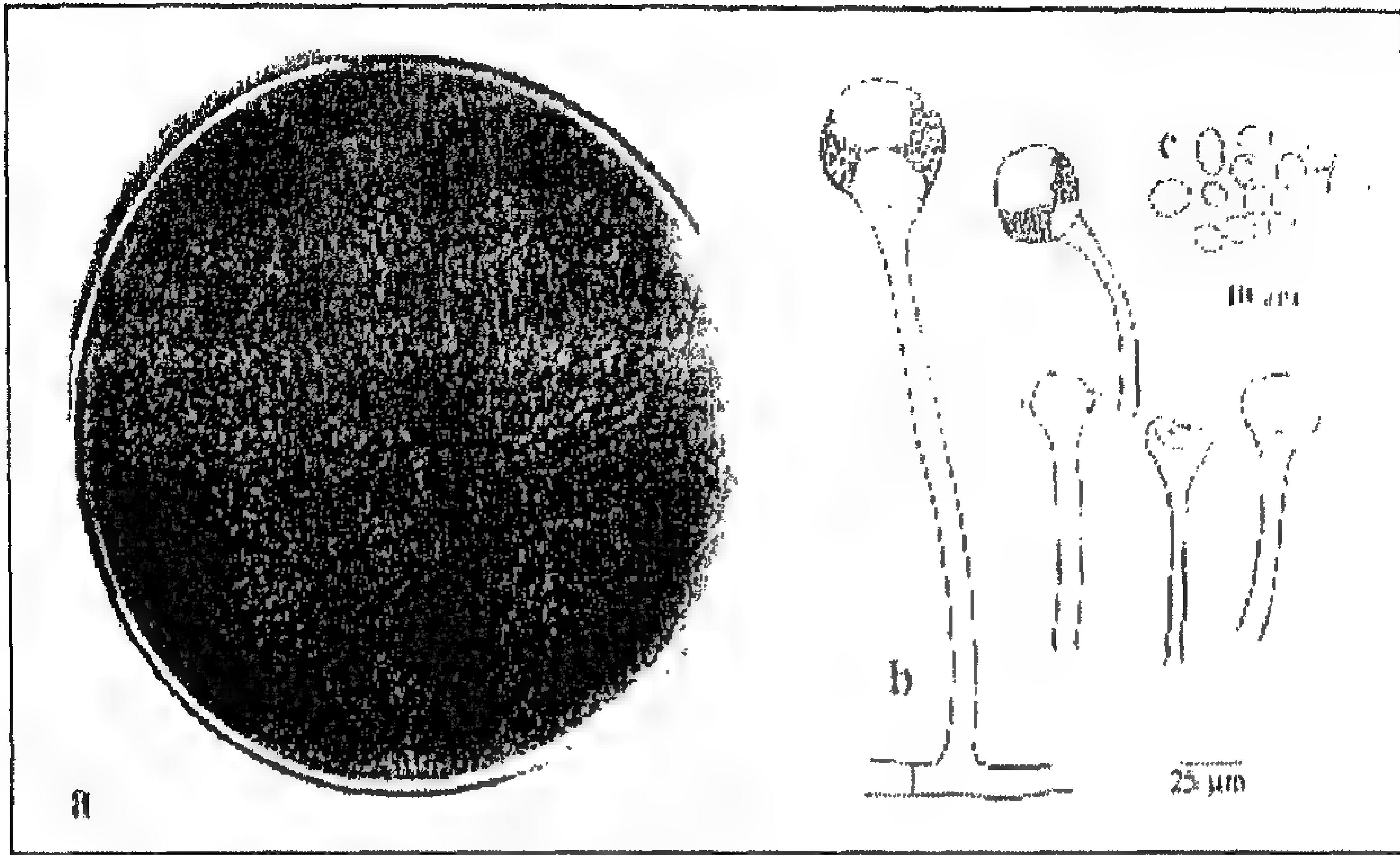




شكل (٤-٣-١-١-٨-٩) : منظر عام للكيس الاسبورانجى apophysis فى الجنس *Absidia* وشكل العويميد قمعى الشكل.

يعد النوع *A. corymbifera* هو الأكثر شيوعاً، واسع الانتشار عالمياً، حيث يوجد فى الأغذية وبقايا النباتات والتربة ويعزل من هواء الأماكن المغلقة، ويسبب فساد الأغذية، حيث يدمر الخضروات فى الثلاجات، كما يوجد على الخبز العفن.

الجنس *Absidia* هو أحد ثلاثة أجناس تسبب Zygomycosis، حيث يسبب إلتهاباً حاداً فى الأنسجة الرخوة، ويغزو الأوعية الدموية، ويعتبر مرض السكر أحد الأسباب المهيئة لحدوث الإصابة وكذا الحروق العميقة ومرضى نقص المناعة، كما يحدث الفطر إصابات فى rhinocerebral. يصيب الفطر كذلك الرئة والأغشية الأنفية والفم والجلد والعين (حيث قد يسبب العمى). ينمو النوع *A. corimbifera* سريعاً على درجة ٣٧°م مقارنة بـ ٢٥°م، والدرجة القصوى لحدوث النمو ٤٨ – ٥٢°م والمثلى ٣٥-٣٧°م (شكل ٤-٣-١-١-٨-١٠).

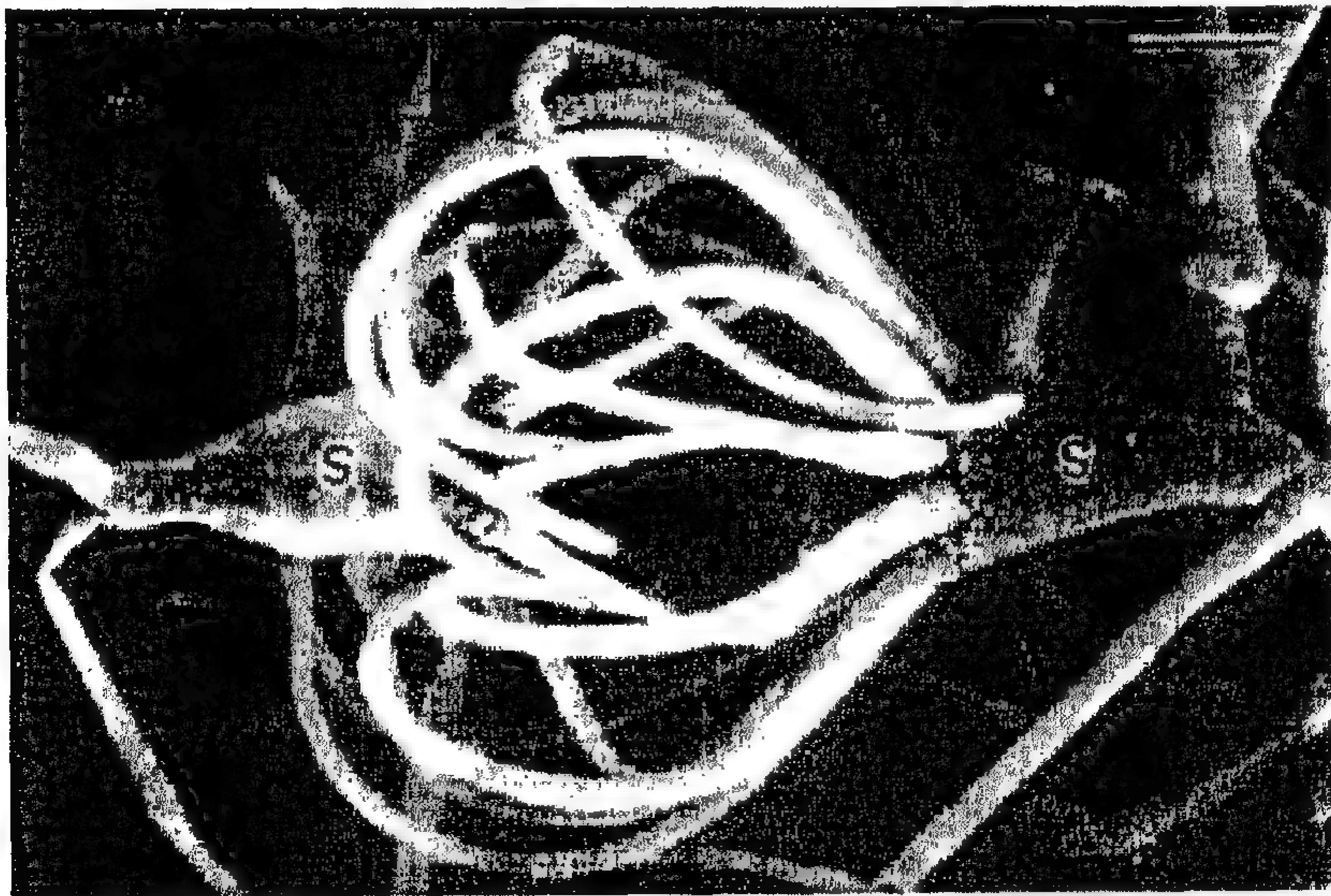


شكل (٤-٣-١-١-٨-١٠) الفطر *Absidia corymbifera*

a) شكل المستعمرات b) الاسبورانجيا العويميد

c) الجراثيم الاسبورانجية

بعض أنواع هذا الجنس تكون جراثيم زيجية تتميز بظهور زوائد طويلة على المعلق كما فى حالة الجنس *A. spinosa* (شكل ٤-٣-١-١-٨-١١) من أهم أنواع هذا الجنس *A. gluca* , *A. cylindrospora* , *A. coerulea* .



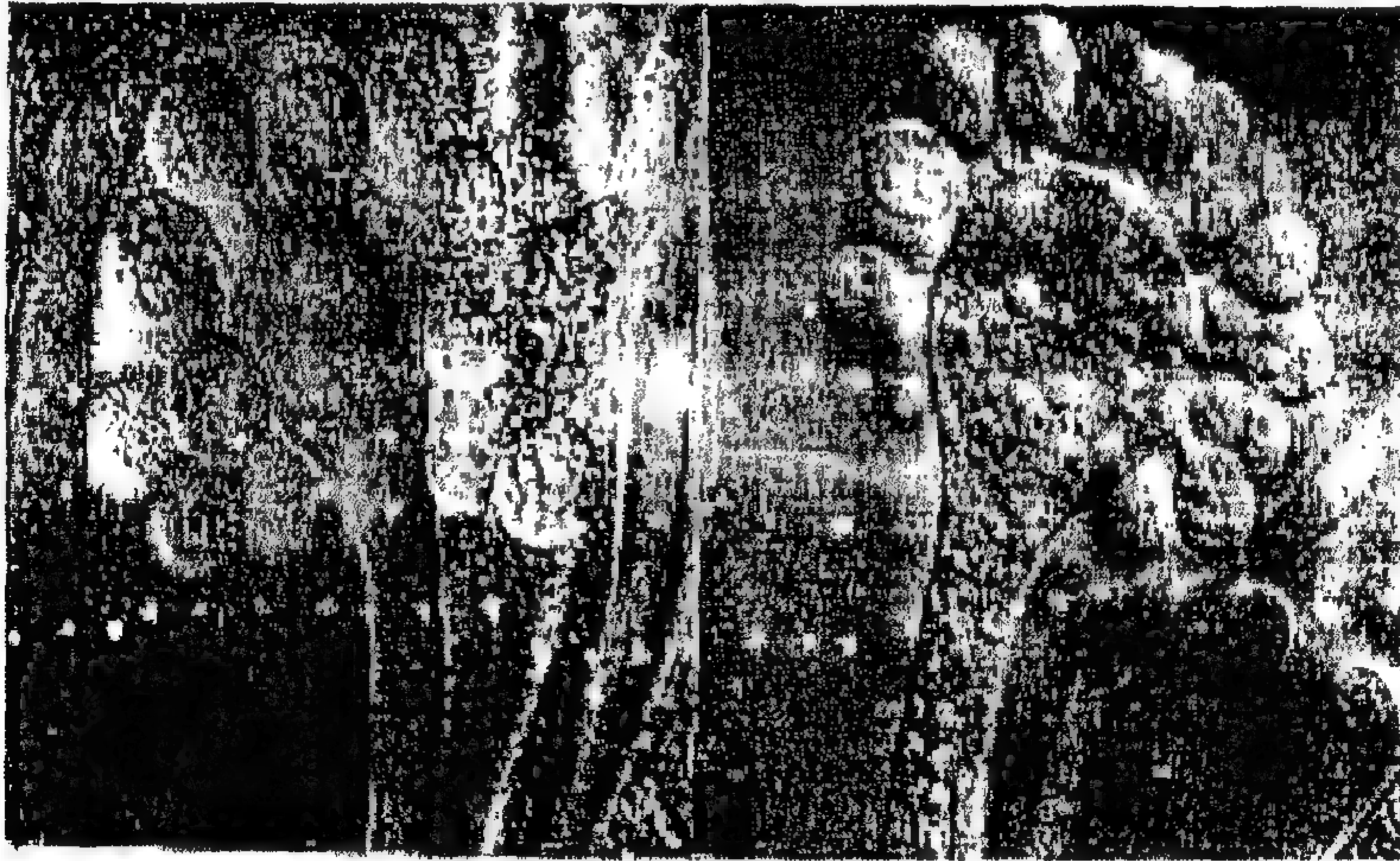
شكل (٤-٣-١-١-٨-١١) الجراثيم الزيجية للنوع *Absidia spinosa* ويلاحظ ظهور زوائد طويلة من المعلقات (s)

٤-٣-١-١-٩ الفصيلة الكانينجهاملية

Family Cunninghamellaceae

تضم الفصيلة جنساً واحداً هو الجنس *Cunninghamella* يتميز الجنس بخاصية منفردة وهى أن الحوامل الإسبورانجية تعطى إسبورانجيولات (أكياس اسبورانجية صغيرة) والتى لا تتمايز إلى جراثيم اسبورانجية، حيث يعمل الكيس ذاته كجرثومة كونيدية. تتولد الإسبورانجيولات على نتوءات تظهر من الحوصلة. وتتولد الحوصلات طرفيا أو بدون نظام على الحوامل الاسبورانجية (شكل ٤-٣-١-١-٩-١) تغطى الإسبورانجيولات بأشواك طويلة نسبياً وقاعدتها سداسية الأضلاع ويختلف نظام تفريع كل من الحامل الاسبورانجى والهيفا الخصبة الحاملة للحوصلة طبقا للنوع.

تتكون الجراثيم الزيجية على جميع مستويات الهيفات الهوائية. جدار الحافظة الزيجية بنى محمر، تتكون الجراثيم الزيجية بين معلقات على جانبى الجرثومة، والمعلقات متشابهة أو مختلفة حجماً إلى حد ما، أنواع هذا الجنس متباينة الثالوس، حيث لا تنتج الجراثيم الزيجية إلا إذا التقت سلالات مختلفة جنسياً.



(شكل ٤-٣-١-١-٩-١): الحامل الإسبورانجى منتهياً بإنتفاخ يحمل الإسبورانجيولات على نتوءات فى النوع *Cunninghamella elegans*

تم الكتابة عن جنس *Cunninghamella* ستة مرات في مدى ٦٥ عاماً ويتفاوت عدد أنواع هذا الجنس طبقاً لتفاوت الصفات الشكلية من أربعة إلى أكثر من ١٥ نوع، وأنواع هذا الجنس:

Cunnighamella antarctica
C. bertholletiae
C. blakesleeana
C. brunnea
C. clavata
C. echinulata
C. echinulata var. echinulata
C. echinulata var. indica
C. echinulata var. nodosa
C. echinulata var. verticillata
C. elegans
C. homothallica
C. indica
C. intermedia
C. multiverticellata
C. phaeospora var. phaeospora
C. phaeospora var. multiverticellata
C. multiverticellata
C. polymorpha
C. bertholletiae
C. septata
C. vesiculosa

تعد أنواع هذا الجنس واسعة الانتشار بيئياً، فقد عزلت من التربة و peat ومياه الصرف الصحى والماء والهواء والبذور والنقل والأزهار وغيرها من الأجزاء النباتية الخضرية، ويكثر انتشاره بالمناطق الاستوائية وتحت الاستوائية. عزل الفطر من مختلف أنواع البذور والنقل والبسلة وبذور الخس والبارسلى والكتان والفلفل واليقطين والخس والجزر والشمام.

يعد النوع *C. bertholletiae* ممرضاً للإنسان والحيوان، حيث يدخل مع المجارى التنفسية. لذلك تعد الرئة هو الموقع الأولى للإصابة، كما قد تحدث إصابات معوية بهذا

الفطر، عزلت السلالة المرضة لهذا الفطر من النقل البرازيلى الغنى بالدهن. ينمو الفطر جيداً على درجة ٣٧°م، كما ينمو على درجة ٢٥°م.

٤-٣-١-١-١٠ الفصيلة الميكوتيفية

Family Mycotyphaceae

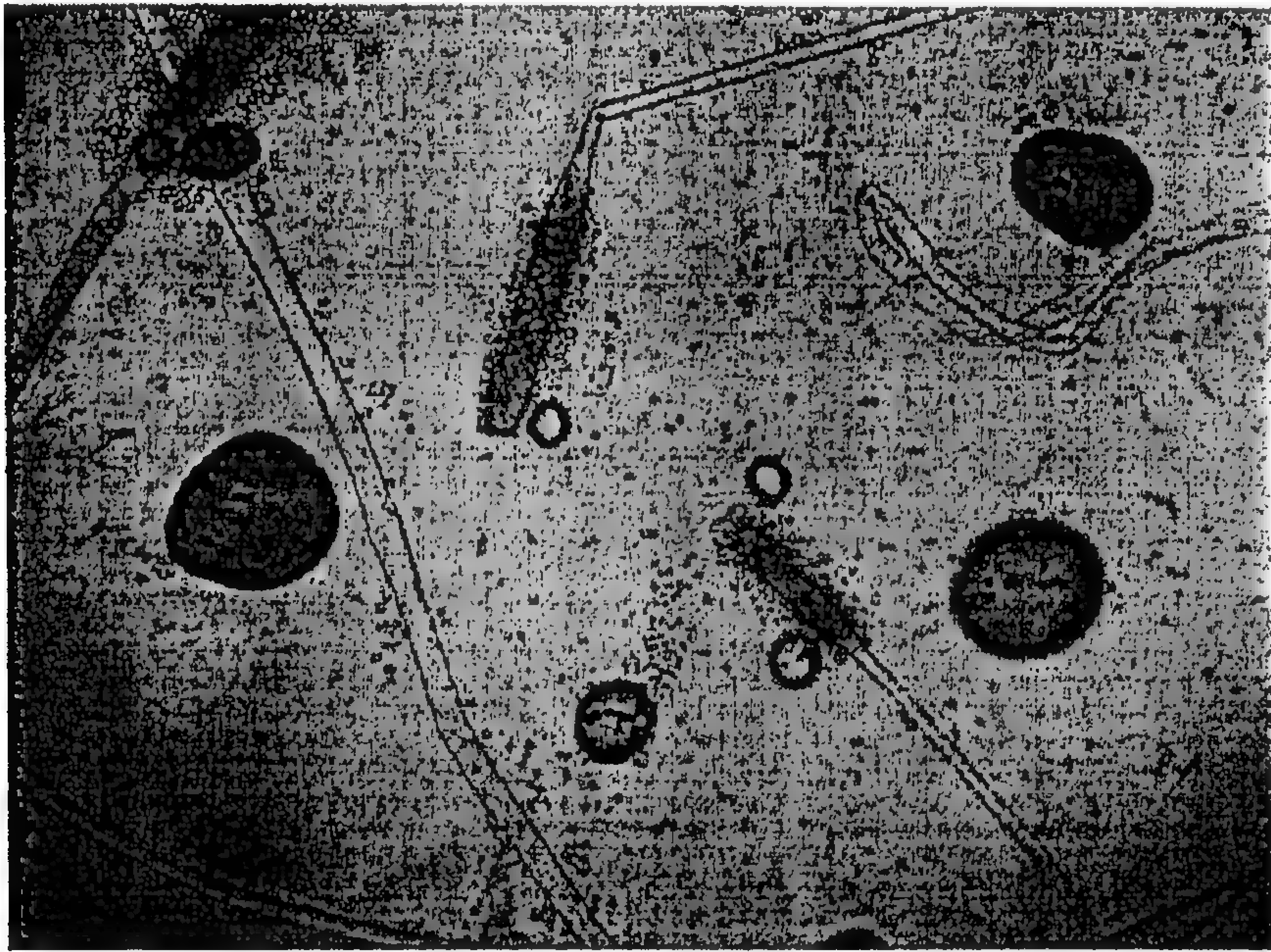
اقترح Benny et al عام ١٩٨٥م الفصيلة الميكوتيفية لتضم جنسين هما الجنس *Mycotypha* والجنس *Benjaminiella* واللذان كانا ينتميان سابقاً للفصيلة Cunninghamellaceae أو Thamnidiaceae أو Choanophoraceae.

من أهم ما يميز هذه الفصيلة هو طريقة انفصال الاسبورانجيول. تتكون الإسبورانجيولات وحيدة الجرثومة على رأس منتفخ مستدير أو متطاول فى نهاية الحوامل الإسبورانجية البسيطة أو المتفرعة. ينفصل النتوء الإسبورانجيولى من الرأس (الحوصلة) الحاملة له عن طريق انشقاق يتم حدوثه بمحاذاة المحيط Cicumseissile rupture مباشرة فوق السطح تاركة سن قصير قمعى الشكل.

أفراد هذه الفصيلة مترممات، الحوامل الإسبورانجية شكل (٤-٣-١-١-١-١٠-١) بسيطة أو متفرعة، تنشأ الحوامل مباشرة من الطبقة التحتية، وقد تعطى الحوامل الإسبورانجية خلايا خمائرية الشكل، تتكون فى قمة الحامل الإسبورانجى حوصلة طرفية كروية إلى اسطوانية تحمل اسبورانجيولات وحيدة أو متعددة الجراثيم ذات نتوء، نتوءات الإسبورانجيول أحادية أو ثنائية الشكل، نتوءات الإسبورانجيولات أحادية التشكل طويلة نسبياً، منحنية إلى ملتفة وتلتوي فوق مكان الانفتاح، تاركا أسنان واضحة أحادية التشكل على سطح الحوصلة. أما النتوءات ثنائية التشكل، فهى قصيرة، مستقيمة فوق مكان التفتح تاركة أسنان مرفوعة – ثنائية التشكل على سطح الحوصلة، الأكياس الإسبورانجية كروية، اسطوانية أو بيضاوية الشكل.

الجنس ***Mycotypha*** يضم مجموعة من الأنواع، أكثرها انتشاراً *M. africana , M. microspore* كما كانت تضم النوع *M. dicotoma* والذي عدل اسمه إلى *Chromelosporium fulvum*.

الأنواع إما متجانسة أو غير متجانسة، الجراثيم الزيجية داكنة اللون، خشنة السطح (شكل ٤-٣-١-ب). ومن المثير الإشارة إلى أن الإنقسام النورى فى أفراد جنس *Mycotypha* التى تم دراستها من النمط المتتابع asynchronous.

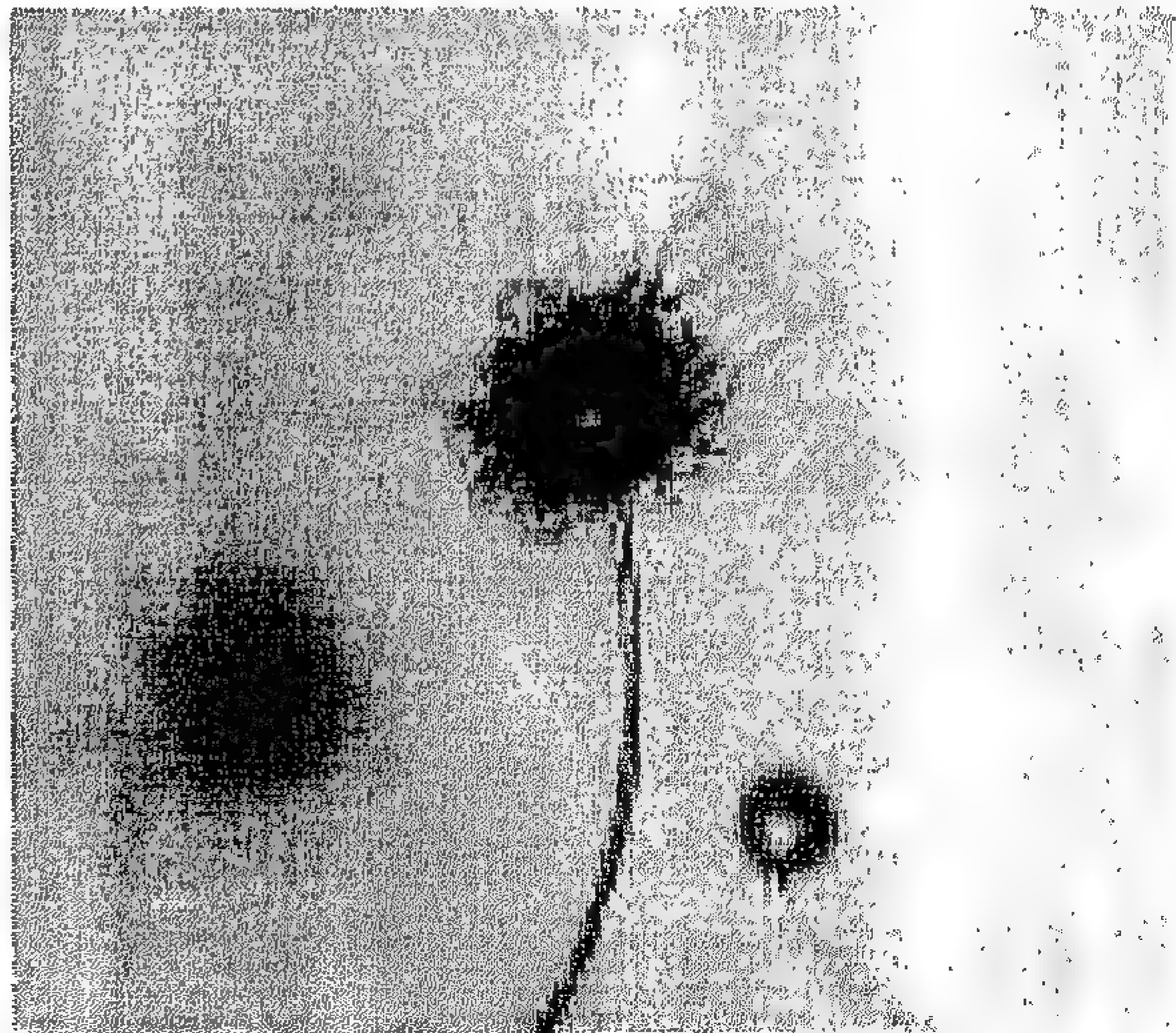


شكل (٤-٣-١-١-١-١) الحوامل الإسبورانجية للنوع *Mycotypha microspore* كما تظهر بعض الخلايا الخمائرية التى يكونها الفطر.

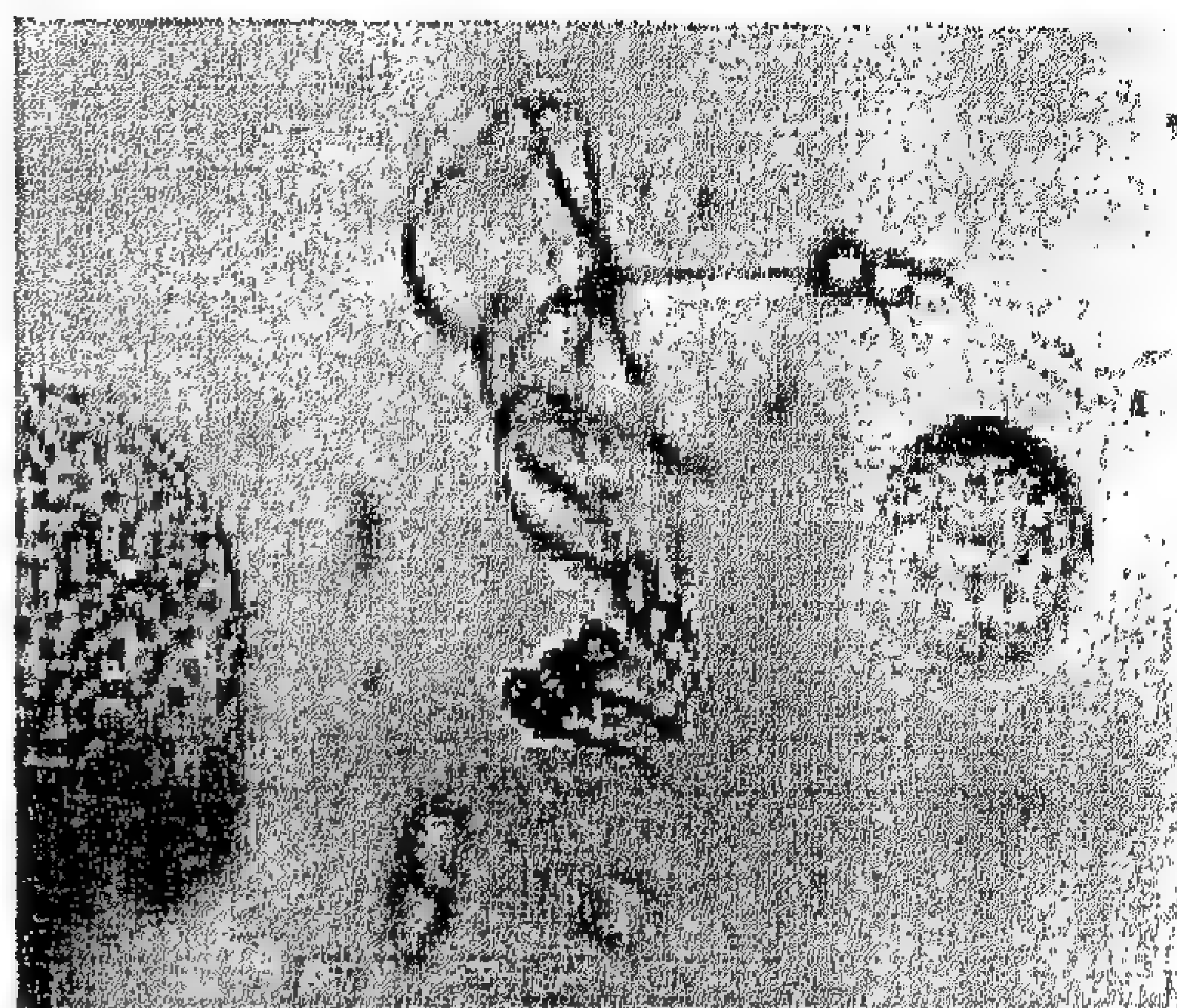
الجنس ***Benjaminiella*** يضم ثلاثة أنواع هى: *B. multispora , B. youngii , B. poitrasii*، تعيش فى التربة والروث. تنتج أنواع جنس *Benjaminiella* الإسبورانجيات على نتوءات طويلة نسبياً، منحنية أو ملتفة غير متفرعة وذلك على كل سطح الحوصلة الخصبة شكل (٤-٣-١-١-١-٢) تنشأ الحوصلة

الخصبة على قمة الحامل الإسبورانجى أو أحد فروعه، تخرج النتوءات مع الاسبورانجيولات كوحدة واحدة حيث يحدث الانفصال عند قاعدة النتوء شكل (٤-٣-١-١-١-٣) تاركة أسنان منتظمة التوزيع على سطح الحوصلة. الأنواع جميعها متجانسة الثالوس، جدار الجرثومة الزيجية ملون ومنمنم شفاف.

تم وصف النوع *B. poitrasii* على أنه أحد أنواع الجنس *Cokeromyces*، ثم نقل فيما بعد إلى جنس *Mycotypha*. ومن ناحية أخرى، فيرى البعض (Mil'ko, 1974) أن هذا الجنس ينتمى إلى الفصيلة Cunninghamellaceae، تكوّن أنواع هذا الجنس خلايا خمائرية (شكل ٤-٣-١-١-١-٤) على الأوساط الغذائية الغنية، وتوجد حالة إنتقال من الخلايا الخمائرية "وسطية" والشكل الهيفى. فقد ثبت إحتواء الطور الهيفى، مع وجود مرحلة وسيطة يكون فيها محتوى المانوز متأرجحاً بين الطورين. كما وجد أن الهكسوز أمين والبروتين يرتفع تركيزهم، بينما تكون الأحماض الدهنية فى أدنى تركيز لها فى الطور الهيفى. ثبت إحتواء النوع *B. poitrasii* على ثمانية جينات وثيقى الصلة ببناء الشيتين، إثنان منهما ثبت أنهم متخصصين للطور الهيفى، يحدث الإنقسام النووى فى النوعين *B. poitrasii* , *B. multispora* بصورة متزامنة.



شكل (٤-٣-١-١-١٠-٢):
الحوامل الاسبورانجية ذات الرأس المثمر فى مزرعة الفطر
Benjameniella poitrasii



شكل (٤-٣-١-١-١٠-٣):
الحوصلة الخصبة، الإسبورانجيول ذو النتوء والخلية الخمائرية (إلى اليسار) للنوع *Benjameniella poitrasii*.



شكل (٤-٣-١-١-١٠-٤):
الخلايا الخمائرية للنوع *Benjameniella poitrasii* نامية على سطح أجار الوسط (أجار مستخلص المولت والخميرة).

٤-٣-١-١-١١ الفصيلة السينسفالاستيرية

Family Syncephalastraceae

تتميز الفصيلة بتكوين حوامل اسبورانجية متفرعة (شكل ٤-٣-١-١-١١-١-A) تحمل في أطرافها حوصلة خصبة تتكون عليها الميروسبورانجيات (شكل ٤-٣-١-١-١١-١- C,B,D)، الميروسبورانجيات وحيدة الجرثومة أو عديدة الجراثيم وتعد هذه صفة تقسيمية هامة. وبفحص الفطر بالقوة الصغرى يختلط هذا الجنس بجنس *Aspergillus* .

تضم الفصيلة جنساً واحداً هو الجنس *Syncephalastrum* والذى يحوى مجموعة من الأنواع تتباين أعدادها طبقاً للصفات التقسيمية ومنها :

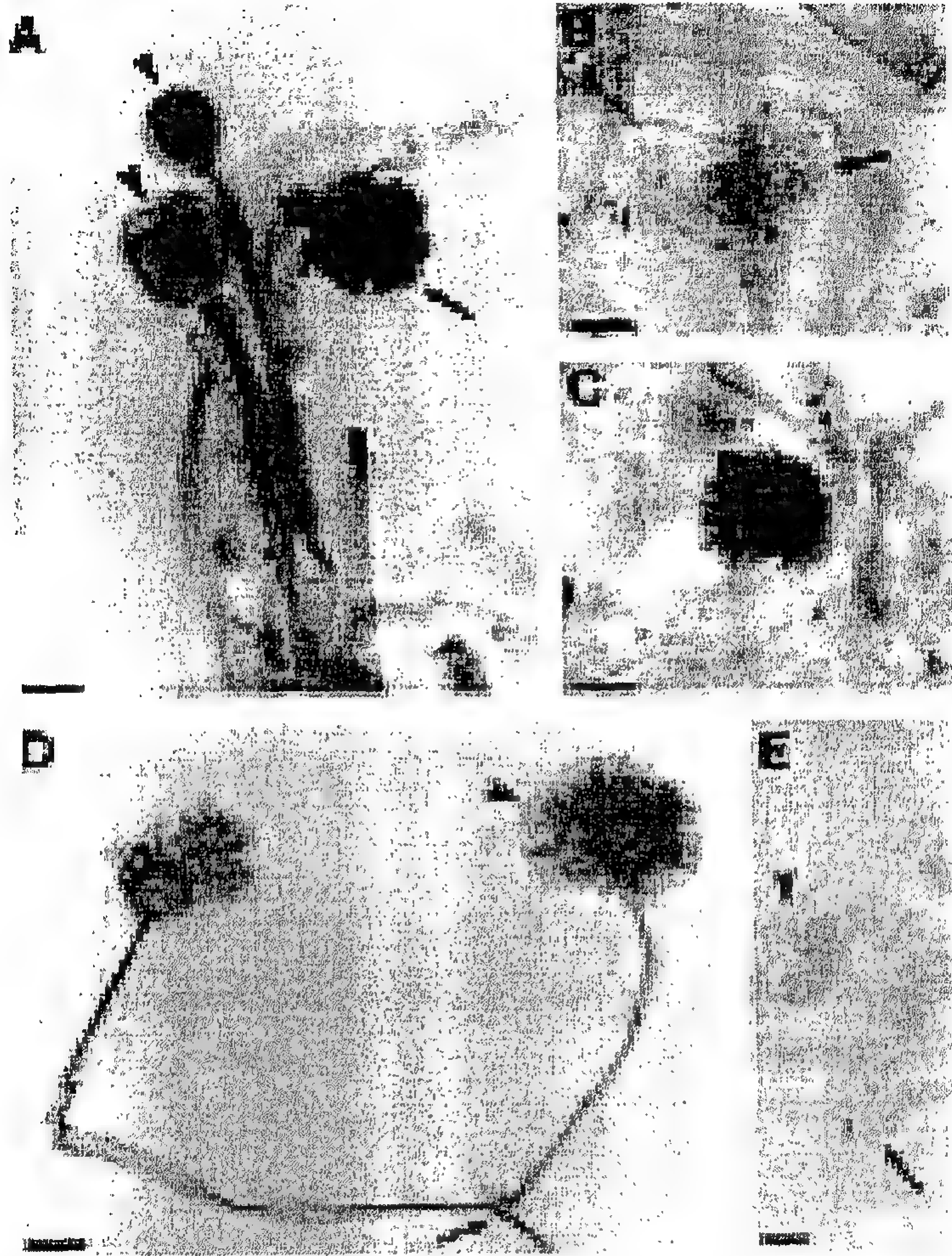
S. cinereum , *S. elegans* , *S. nigricans* , *S. racemosum* , *S. avanicum* , *S. fuliginosum var. pauciporum*

ومن ناحية أخرى، فلم يقبل فى هذا الجنس سوى نوعان هما , *S. verruculosm* *S. racemosum*.

يعد النوع *S. racemosum* أحد الأنواع شديدة الأهمية، حيث أنه يسبب أمراضاً للإنسان. يعيش هذا النوع بصورة مترممة، وقد أمكن عزله من مصادر مختلفة من أماكن كثيرة بالعالم. فقد وجد في ترب الهند وجنوب الولايات المتحدة الأمريكية وبنما وغيرها. يعزل الفطر على وجه الخصوص من الطبقات التحتية الغنية بالمادة العضوية، وقد تم تجميع جراثيم الفطر من الهواء بنيجيريا ومن عينات هواء جمعت من مستشفى لندن، كما أمكن عزله من عينات الغبار جمعت من منازل بريطانية، كما ثبت أنه يلوث غذاء الدواجن كما وجد في الكثير من النباتات والمواد الغذائية ومنها الشوفان والقمح والصويا والأرز وقصب السكر والشعير. كما تم عزله من مصادر مائية وبراز الطيور ومخلفات النباتات المعدة كسماد.

أمكن وصف حالة إصابة جلدية Cutaneous بالفطر مع حالة متقدمة لإلتهاب العظام في مريض بالسكر يبلغ خمسين عاماً من العمر، كما عزل الفطر من أصبع رجل كان يعمل جامعاً للشاي، كما عزل من أظافر تلاميذ بمصر.

ينتج الفطر مجموعة من التوكسينات الفطرية mycotoxins، ومنها ما يؤثر على الإنقسام النووي في جذور النباتات. وقد درس الفطر تفصيلاً كممرض للنبات. ينمو الفطر جيداً على درجة ٣٧°م، يكون الفطر جراثيم زيجية في وجود السلالات المتقابلة، ملونة، منمنمة ذات معلقات جانبية.



شكل (٤-٣-١-١-١١-١) الخواص الميكروسكوبية للفطر *Syncephalastrum racemosum*:

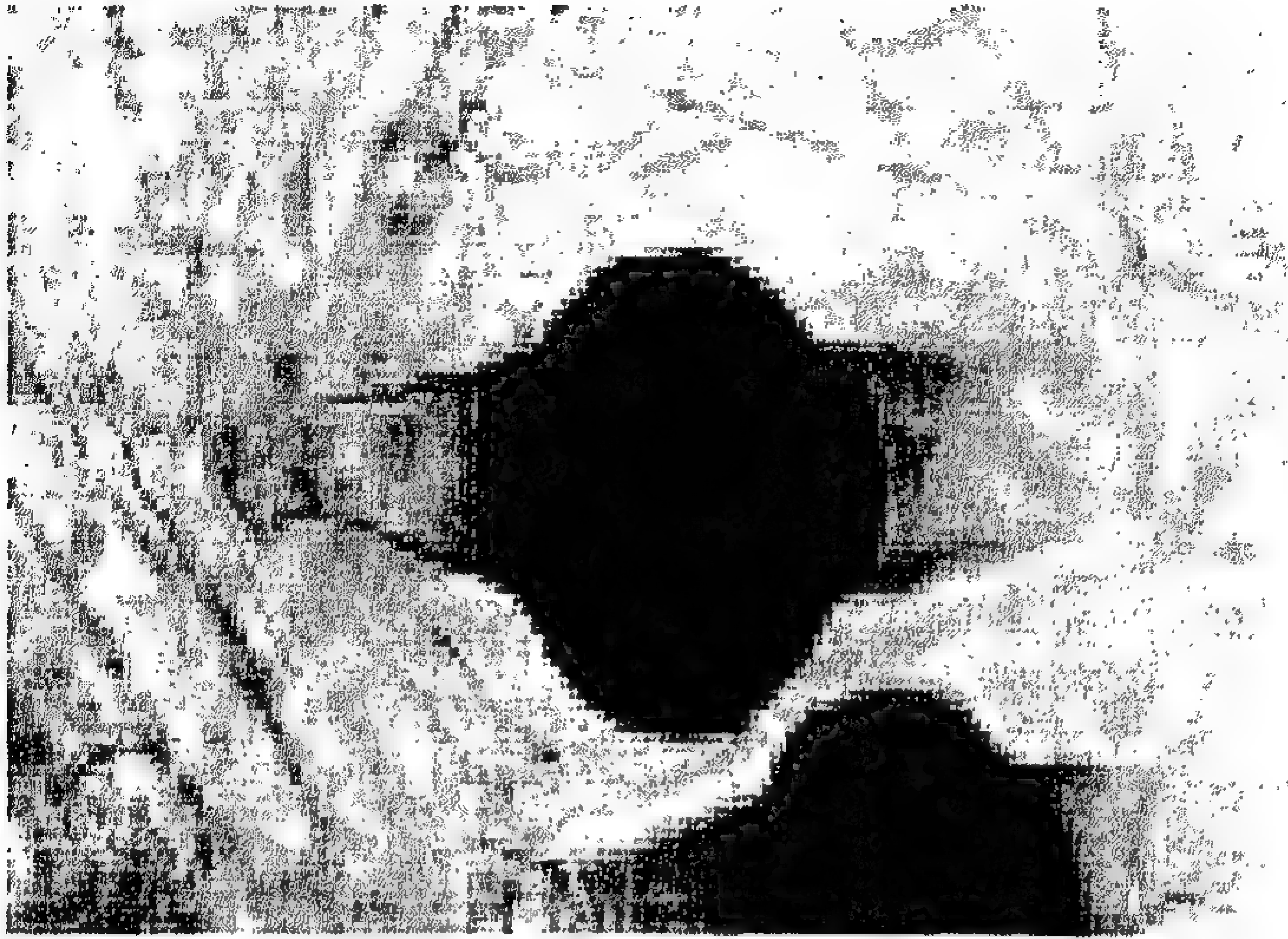
a) الحوامل الاسبورانجية للفطر

b,c) الميروسبورانجيات الأنبوبية تحيط بالحوصلة.

d) الميروسبورانجيات الناضجة تحيط بالحوصلة.

e) الميروسبورانجيات مفصولة عن الحوصلة.

الجراثيم الزيجية ذات جدار حافظى خشن - داكن اللون، ذات معلقات جانبية متماثلة إلى حد ما (شكل ٤-٣-١-١-١٢-٢).



شكل (٤-٣-١-١-١٢-٢): الجرثومة الزيجية للنوع *Syncephalastrum racemosum*

النوع النموذج *S. racemosum*

أنواع جنس *Syncephalastrum*

S. monosporum var. monosporum
S. monosporum var. cristatum
S. monosporum var. pluriproliferum
S. racemosum

يوجد نوعان ينتميان للجنس *Syncephalastrum* هما *S. racemosum* ذات ميراسبورانجيات عديدة الجراثيم والنوع *S. monosporum* ذات الميراسبورانجيات وحيدة الجراثيم، يضم النوع *S. monosporum* ثلاثة أصناف varieties.

٤-٣-١-١-١٢ الفصيلة الكوانوفورية

Family Choanophoraceae

تتميز هذه الفصيلة بتكوين نوعان من الإثمار اللاجنسى على نوعين منفصلين من الحوامل الإسبورانجية : الأكياس الإسبورانجية العويميدية والاسبورانجيولات اللاعويميدية. تعود قصة هذه الفصيلة إلى عام ١٨٩٣م، حيث أنشأها Schroter لتضم

جنساً واحداً هو الجنس *Choanephora*. وفى عام ١٩٧٣م ضم إليها Hesseltine and Ellis عدة أجناس أخرى هى:

(Mucorales) Radiomyces, Mycotypha, Gilbertella, Cunnighamella, Cokeromyces, Sigmoideomyces, Rhopalomyces (Zoopagales) Thamnocephalis.

ومن ناحية أخرى فقد وضع الجنس فى أحد فصائل الميوكورات الأخرى وهى Thamnidiaceae أو Chaetocladiaceae .

طبقاً لأغلب الآراء، تضم هذه الفصيلة جنسين هما: *Choanophora , Blakeslea*، إلا أن البعض يرى أن الجنس الثانى هو مرادف للجنس الأول. ويرى Kirk (1984) أن هذه الفصيلة تضم ثلاثة أجناس هى *Choanophora , Blakeslea* والجنس الجديد *Poitrasia*. تتميز أفراد هذه الفصيلة بعدة خواص مميزة لها، وذلك إذا ما أخذ فى الإعتبار الأطوار الناقصة والكاملة. فأحد الأجناس، وهو الجنس *Gilbertella* (الفصيلة الميوكورية) يعطى إسبورانجيات وجراثيم اسبورانجية تشبه ما يكونه أنواع الفصيلة Choanephoraceae، وإذا ما توافر الطور اللاجنسى فقط، فيمكن التمييز بينهما بالخواص المزرعية، فالنوع *Gilbertella persicaria* سوف يتجرثم بعد أن يتكرر نقله على أغلب الأوساط الغذائية، سواء كانت أوساط غنية أم فقيرة، بينما أنواع الفصيلة الكونوفورية لا تنمو إلا على الأوساط الغذائية الفقيرة جداً، كما يفتقد الجنس *Gilbertella* إلى تكوين الاسبورانجيولات، بينما أنواع الفصيلة الكوانوفورية تكونها. وإذا ما أمكن إنتاج الجراثيم الزيجية على الأوساط الغذائية، فإن أفراد الفصيلة الكوانوفورية تعطى جراثيم زيجية متميزة الخواص، تتولد على معلقات متجاورة (apposed)، حيث الغلاف الزيجى أملس، شفاف والجرثومة الزيجية داكنة ومخططة.

يمكن التمييز بين الجنسين *Choanephora , Blakeslea* عن بعضهما، حيث يعطى الجنس *Choanephora* إسبورانجيولات وحيدة الجرثومة، أما الجنس *Blakeslea* فيكون

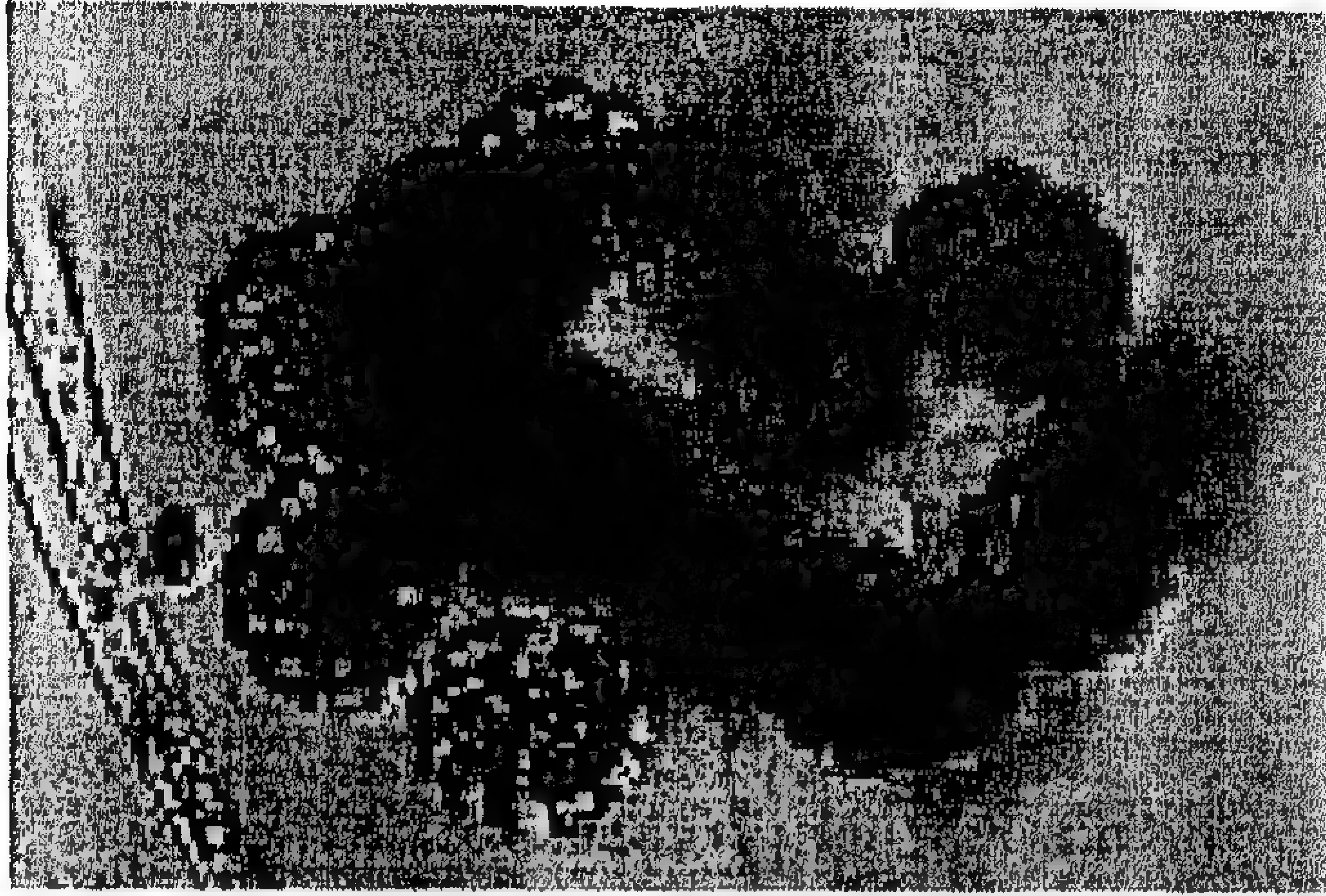
اسبورانجيولات متعددة الجراثيم. ويطلق على الاسبورانجيول في الجنس *Choanephora* الجرثومة الكونيدية وذلك للالتحام الحادث بين جدار الجرثومة وجدار الكيس، كما ثبت وجود "درز" في جدار الاسبورانجيول للجنس *Blakeslea* ينفتح منه الكيس ولا يوجد مثل هذا "الدرز" في جدار اسبورانجيول الجنس *Choanephora*.

بعض الأنواع متطفلات ضعيفة على النباتات الزهرية في الطبيعة، كما يمكن عزلها من عوائلها، كما تعزل أنواع هذه الفصيلة من التربة والروث.

تنشأ الحوامل الجرثومية مباشرة من الميسليوم المطمور في الطبقة التحتية أو من الميسليوم الهوائي، بسيطة أو متفرعة، تنتج أما الاسبورانجيات أو الاسبورانجيولات. الاسبورانجيا كبير الحجم، متعدد الجراثيم ذو عويميد، أو قد يكون صغير قليل الجراثيم وخالي من العويميد، ثابت الجدار، ذو أشواك ذات خطوط تمزق طولية ضعيفة. الجراثيم الإسبورانجية متطاولة، شفافة ذات زوائد طرفية وذات جدار بني اللون مخطط طولياً. الاسبورانجيولات وحيدة أو متعددة الجراثيم، ثابتة الجدار، ذات نوعين : ١- الجدار بأكمله ملتحم مع جدار الجرثومة، الجراثيم الاسبورانجية بدون زوائد طرفية، بنية اللون، ملساء أو مخططة طولياً لحد ما أو ٢- يتمزق الجدار طولياً وينفصل عن جدار الجرثومة، الجرثومة الاسبورانجية ذات زوائد طرفية شفافة، وجدار بني مخطط.

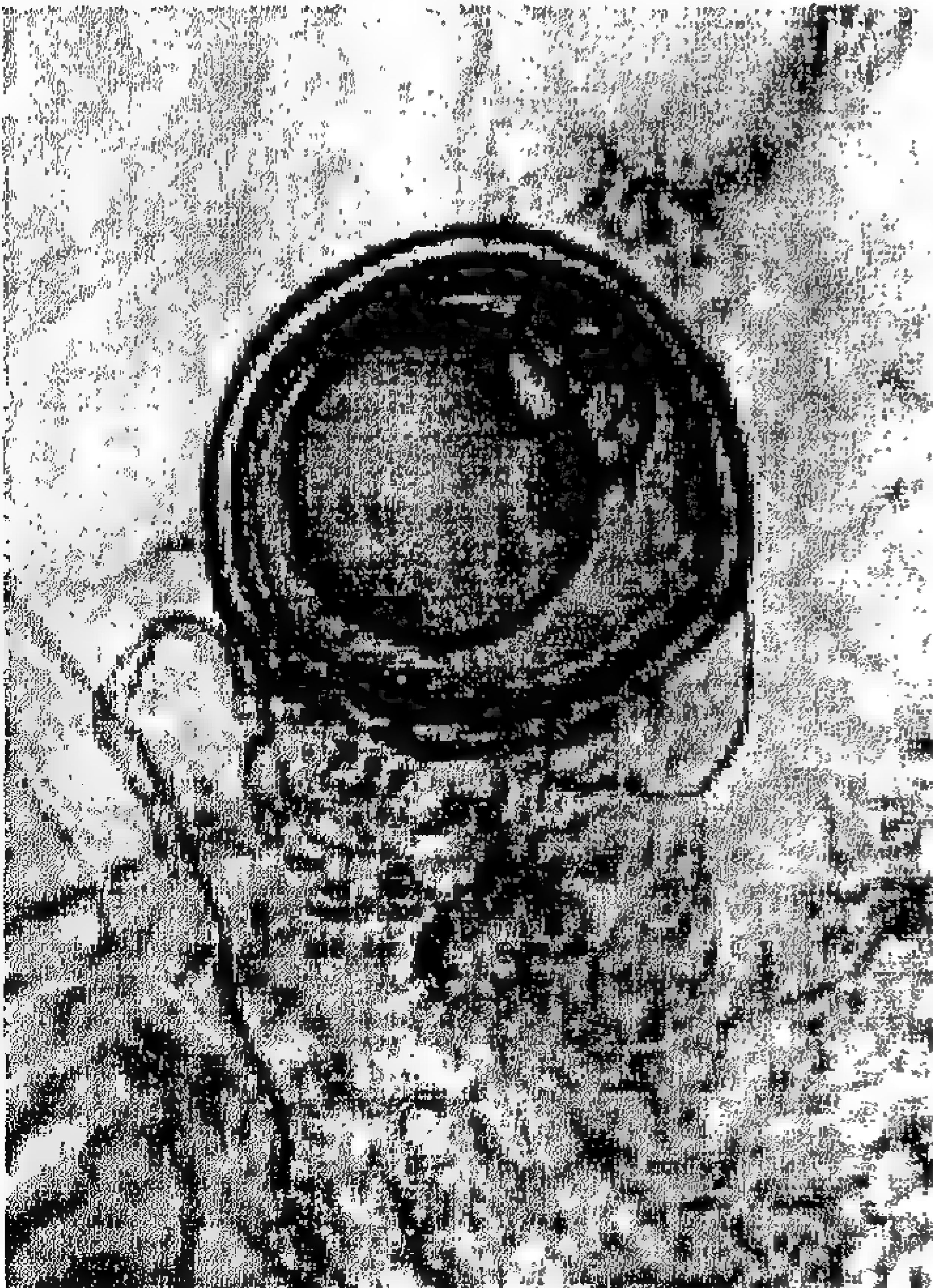
الجنس ***Blakeslea*** يكون نوعان من الاسبورانجيات على حوامل اسبورانجية مختلفة. الأكياس الكبيرة تشبه تلك التي يكونها النوع *Gilbertella persicaria*، الإسبورانجيات قليلة الجراثيم تكون عدداً يتراوح من واحد إلى ثمانية جراثيم، وتتولد هذه الأكياس على نتوء برميلي الشكل، والذي يغطى سطح حوصلة كروية (شكل ٤-٣-١-١-١٢). يتميز جدار الكيس الاسبورانجي الصغير بوجود "درز"، وبذلك تنفصل جدر الجراثيم عن جدار

الكيس، حتى إذا ما تواجدت جرثومة واحدة به. الجرثومة الاسبورانجية مغزلية الشكل، مصبوغة مخططة الجدار، ذات عدة زوائد شفافة تنشأ من كلا طرفى الجرثومة.



شكل (٤-٣-١-١-١٢-١) : الرأس الخصبة للفطر *Blakeslea trispora*

تتولد الجرثومة الزيجية على معلقات متوازية، حيث تلتف أحدهما على الأخرى، جدار الجرثومة الزيجية أملس، شفاف، بينما جدار الحافظة الجرثومية مصبوغ ومخطط. تنشأ الجرثومة الزيجية داخل أو على الطبقة التحتية (شكل ٤-٣-١-١-١٢-٢).



شكل (٤-٣-١-١-١٢-٢) : الجرثومة الزيجية للنوع *Blakeslea trispora*، لاحظ شكل المعلقات وأماكنها وجدار الحافظة الزيجية وجدار الجرثومة الزيجية.

يضم الجنس *Blakeslea* ثلاثة أنواع :

النوع النموذج *B. trispora*

والنوع *B. monospora*

والنوع *B. sinensis*

عزل النوع *B. trispora* من يرقات وجدت على نبات اللوبيا. ويستخدم هذا النوع لدراسة البناء الحيوى لحمض الترايسبوريك. ويعزل هذا النوع من ترب فلوريدا وبعض أجزاء الجنوب الشرقى للولايات المتحدة الأمريكية وعلى الأخص خلال أشهر الصيف، كما عزل من الهند والصين. وقد سجل على أنه ممرض للنبات. وصف النوع *B. monospora* فى الهند، كما عرف فى تايوان.

الجنس *Choanephora* يتميز بتكوين إسبورانجيات وجراثيم زيجية تشبه إلى حد كبير تلك التى يكونها أنواع الجنس *Blakeslea*، حيث تتولد الإسبورانجيات الكبيرة والصغيرة على حوامل اسبورانجية مختلفة، وتتكون الأكياس الصغيرة على رأس كروى خصيب (شكل ٤-٣-١-١-١٢-٣).



شكل (٤-٣-١-١-١٢-٣):
الرأس الكروى الخصب للنوع
Choanephora cucurbitarum

الأكياس الاسبورانجية الصغيرة لكلا نوعى هذا الجنس وحيدة الجرثومة، كما يفتقر جدار الكيس إلى "الدرز" ونتيجة ذلك، يلتحم جدار الكيس بجدار الجرثومة.

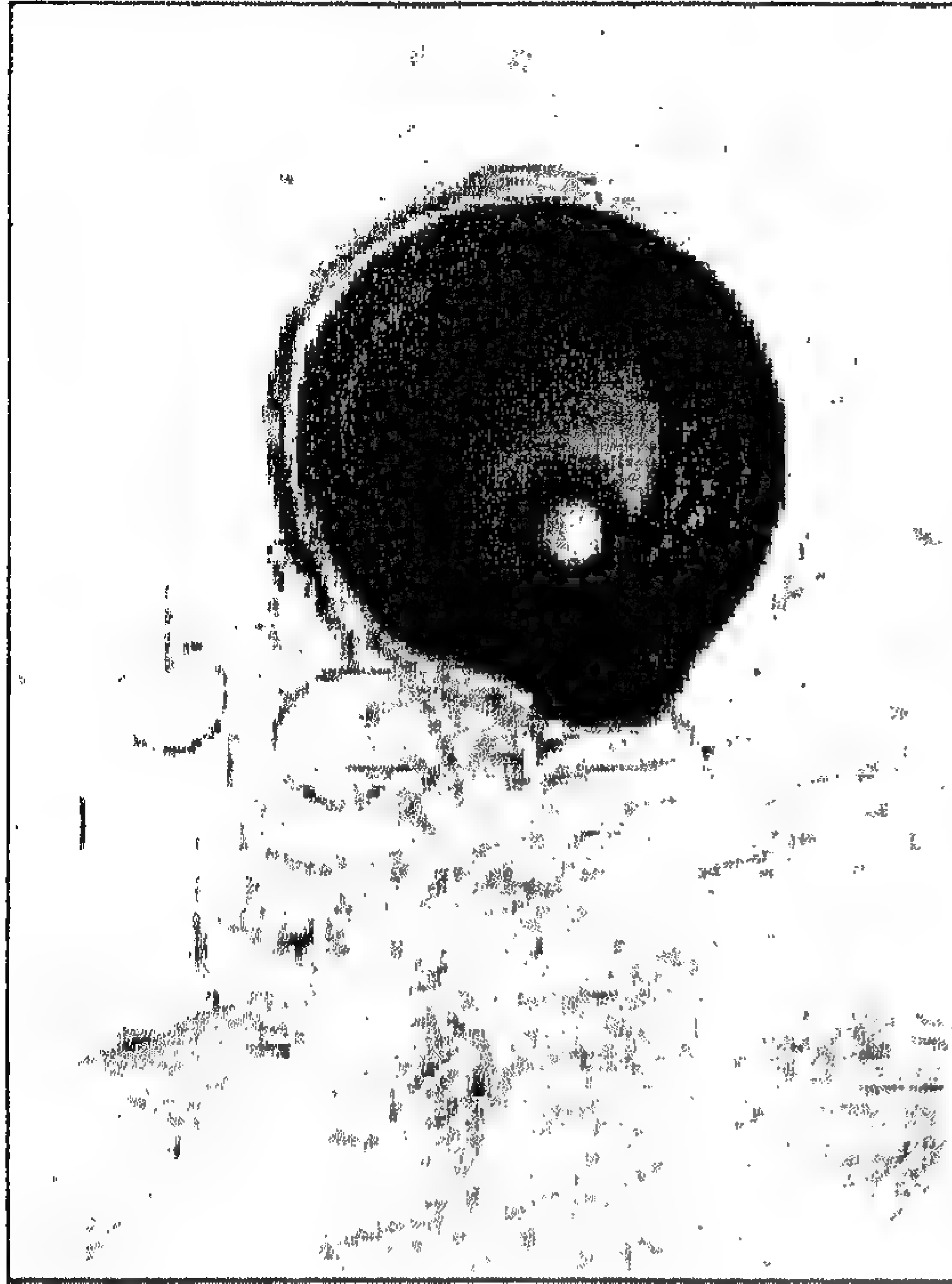
يضم الجنس نوعان هما *C. infundibulifera* , *C. cucurbitarum* والأخير هو النوع النموذج للجنس.

يتطفل النوع *C. cucurbitarum* على نباتات مختلفة (شكل ٤-٣-١-١-١٢-٤) تشمل الكوسة الصيفى والفاصوليا الخضراء (شكل ٤-٣-١-١-١٢-٥).



شكل (٤-٣-١-١-١٢-٥) : النوع *Choanephora cucurbitarum* نامياً على بذور الفاصوليا.

يكوّن النوع *C. cucurbitarum* جراثيم زيجية على الأوساط الغذائية، ذات معلقات متوازية (شكل ٤-٣-١-١-١٢-٦).



(شكل ٤-٣-١-١-١٢-٦) :
الجرثومة الزيجية للنوع
Choanephora cucurbitarum.

٤-٣-١-١-١٣ الفصيلة الثامنيدية

Family Thamnidiaceae

أفراد الفصيلة الثامنيدية تعطى اسبورانجيات عويميدية، عديدة أو وحيدة الجراثيم، ذات جدار ثابت، تنشأ مباشرة من الحامل الإسبورانجى أو من حويصلات خصبة، كما تعطى بعض الأجناس مثل الجنس *Thamnidium* إسبورانجيات عويميدية، ذات جدار سريع التلاشى على القمة الرئيسية للحامل الإسبورانجى أو على أفرعه الرئيسية. توجد الهيفات الجارية وأشباه الجذور كصفة تقسيمية هامة فى بعض الأنواع. الجراثيم الزيجية ذات حافظة زيجية خشنة الجدار وتتكون المعلقات على جانبى الحافظة الزيجية.

تضم الفصيلة إحدى عشرة جنساً هي:

Genus *Backusella* ويضم نوعان هما *B. ctenidia*, *B. lamprospora*

Genus *Cokeromyces* ويضم نوعاً واحداً هو *C. recurvatus*

Genus *Dicranophora* ويضم نوعاً واحداً

Genus *Ellisomyces* يضم نوعاً واحداً

Genus *Fennellomyces* يضم نوعاً واحداً هو : *F. linderi*

Genus *Helicostylum* يضم نوعاً واحداً هو : *H. cordons*

Genus *Phascolomyces* يضم نوعاً واحداً هو : *P. articulosus*

Genus *Thamnidium* يضم نوعاً واحداً هو : *T. elegans*

Genus *Thamnostylum* يضم نوعان هما : *T. repens* , *T. piriforme*

Genus *Zychaea* يضم نوعاً واحداً هو : *Z. mexicana*

تتميز أنواع جنس *Backusella* بتكوين كيس إسبورانجى طرفى عديد الجراثيم زائل الجدار. بالإضافة لتكوين أكياس إسبورانجية – جانبياً – ثابتة الجدار والتى قد تكون وحيدة الجرثومة أو متعددة الجراثيم وكلاهما يتكون بصورة متزامنة. للجراثيم الزيجية معلقات جانبية.

النوع النموذج *B. circina*

يضم الجنس ثلاثة أنواع هى: *B. circina* , *B. ctenidia* , *B. lamprospora*

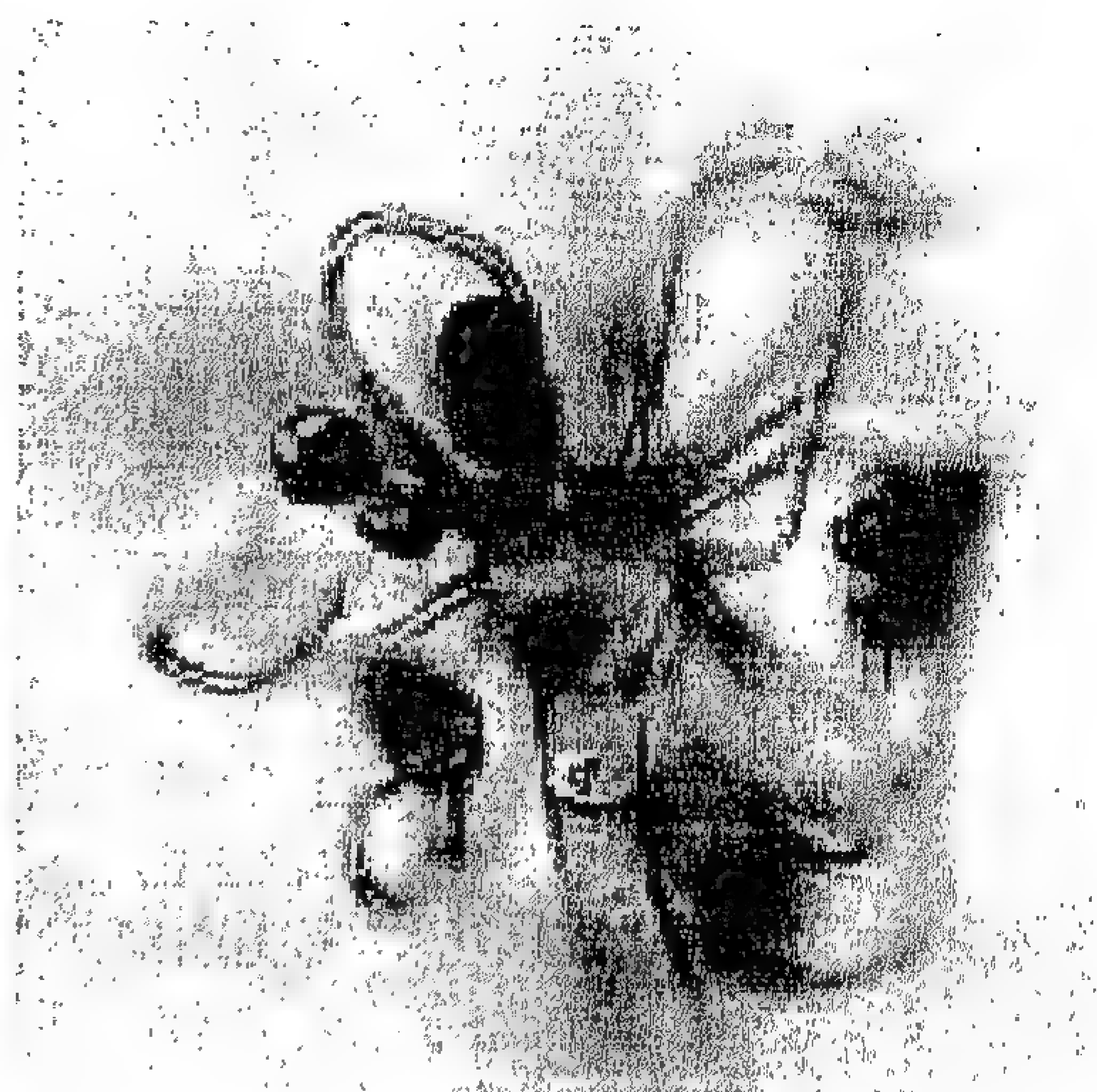
الحافظة الزيجية لأنواع هذا الجنس منمنمة، وقد عزلت أنواعه من الروث والتربة.

الجنس *Cokeromyces*

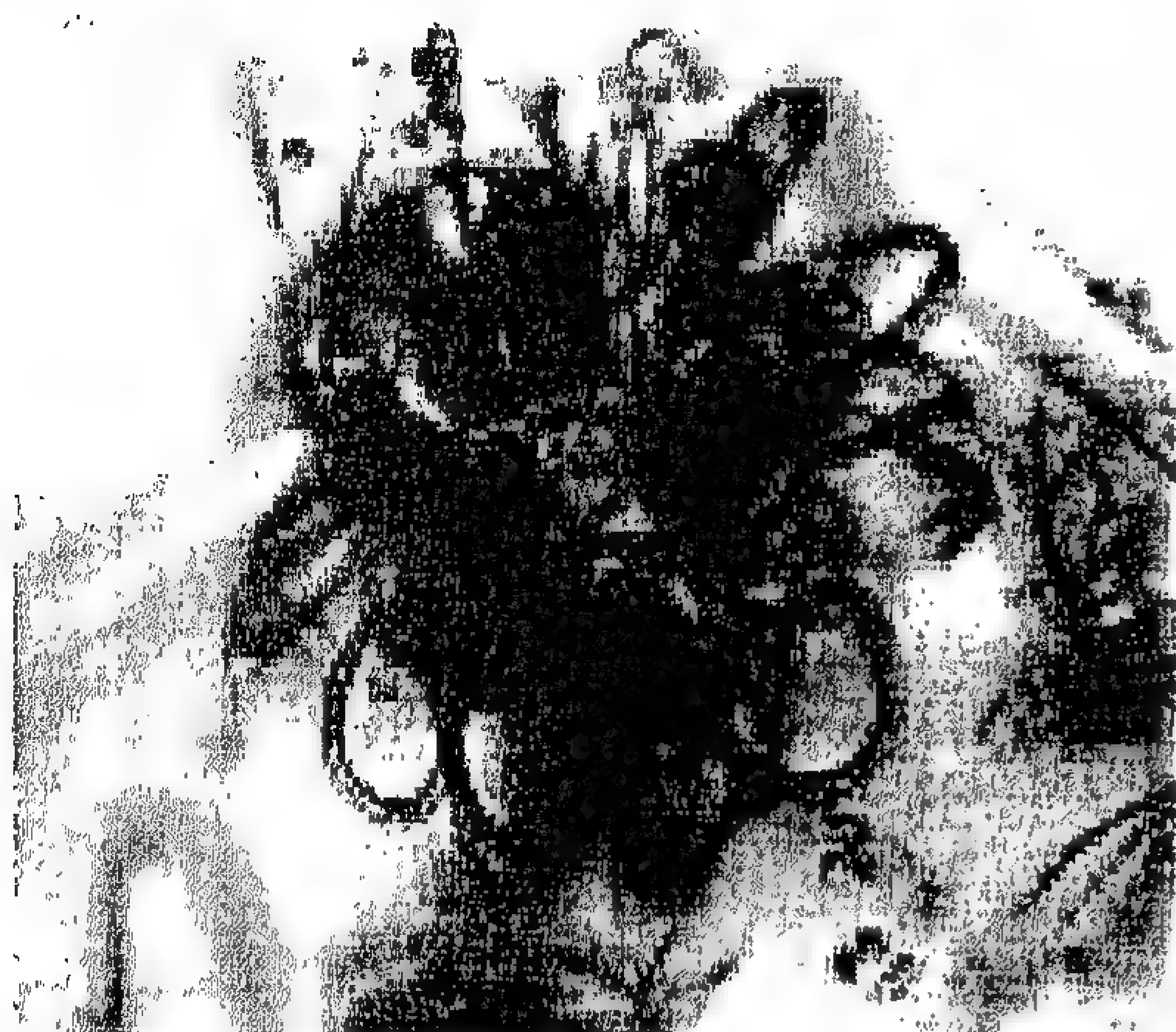
يكون الجنس حوامل إسبورانجية قصيرة، تنشأ مباشرة من الطبقة التحتية، تنتهى قمة الحامل بحوصلة مفردة تحمل نتوءات عديدة منحنية أو ملتفة (شكل ٤-٣-١-١-١٣-١).

تتكون الإسبورانجيات على قمة هذه النتوءات، كروية الشكل، عويميدية، عديدة الجراثيم. ثابتة الجدار. (شكل ٤-٣-١-١-١٣-٢).

الجراثيم الزيجية ذات جدار خشن، داكنة اللون، ذات معلقات على الجـانبين، تنشـأ فوق سطح الطبقة التحتية مباشرة (شكل ٤-٣-١-١-١٣-٣) والفطر متجانس الثالوس.



شكل (٤-٣-١-١-١٣-١):
الحوصلة الطرفية ذات النتوءات الحاملة للإسبورانجيات للفطر *Cokeromyces recurvatus*



(شكل ٤-٣-١-١-١٣-٢):
الأكياس الإسبورانجية تغطي الحوصلة فى الفطر *Cokeromyces recurvatus*



شكل (٤-٣-١-١-١٣-٣): جرثومة زيجية للفطر *Cokeromyces recurvatus*

النوع النموذج *C. recur vatus*

عزل هذا النوع من الروث، كما عزلت عزلة واحدة من التربة. مستعمرات الفطر منخفضة النمو، بنية داكنة اللون. هذا النوع هو عائل لعدة متطفلات فطرية من رتبة Dimargaritales وكثير من أنواع جنسى *Piptocephalis* وقد تنمو بعض أنواع جنس *Syncephalis* ومنها *S. depressa* على النوع *C. recurvatus*.

ثبت أن الجراثيم الزيجية وكذا الأكياس الإسبورانجية تتكون إذا ما تعرضت المستعمرة لضوء فلورسنتي لمدة ٢٤ ساعة، إلا أن تبادل الإضاءة والإظلام تعطى للمستعمرة مظهر الحلقات الدائرية، حيث لا تتكون الاسبورانجيات بدون ضوء – يثبط ضوء الشمس المباشر التجرثم، يتجرثم الفطر جيداً على درجة حرارة ٢٦°م. من النادر أن يسبب هذا النوع مرضاً للإنسان.

يكون النوع *Dicranophora fulva* وهو النوع الوحيد الذى ينتمى للجنس Dicranophora كيس اسبورانجى طرفى متعدد الجراثيم (شكل ٤-٣-١-١-١٣-٤)



شكل (٤-٣-١-١-١٣-٤):
الكيس الإسبورانجى الطرفى فى الفطر
Dicranophora fulva

كما يتكون على حوامل تتفرع تفرعاً ثنائياً على أجناب الحامل الرئيسى وتحمل أكياس اسبورانجية وحيدة الجرثومة (شكل ٤-٣-١-١-١٣-٥).



شكل (٤-٣-١-١-١٣-٥):
الحامل الإسبورانجى ذات التفرع الثنائى الجانبى للفطر *Dicranophora fulva*

ميسليوم الفطر فى المزارع أصفر اللون، تتكون الجراثيم الزيجية على معلقات جانبية غير متماثلة (شكل ٤-٣-١-١-١٣-٦) والفطر متجانس الثالوس.

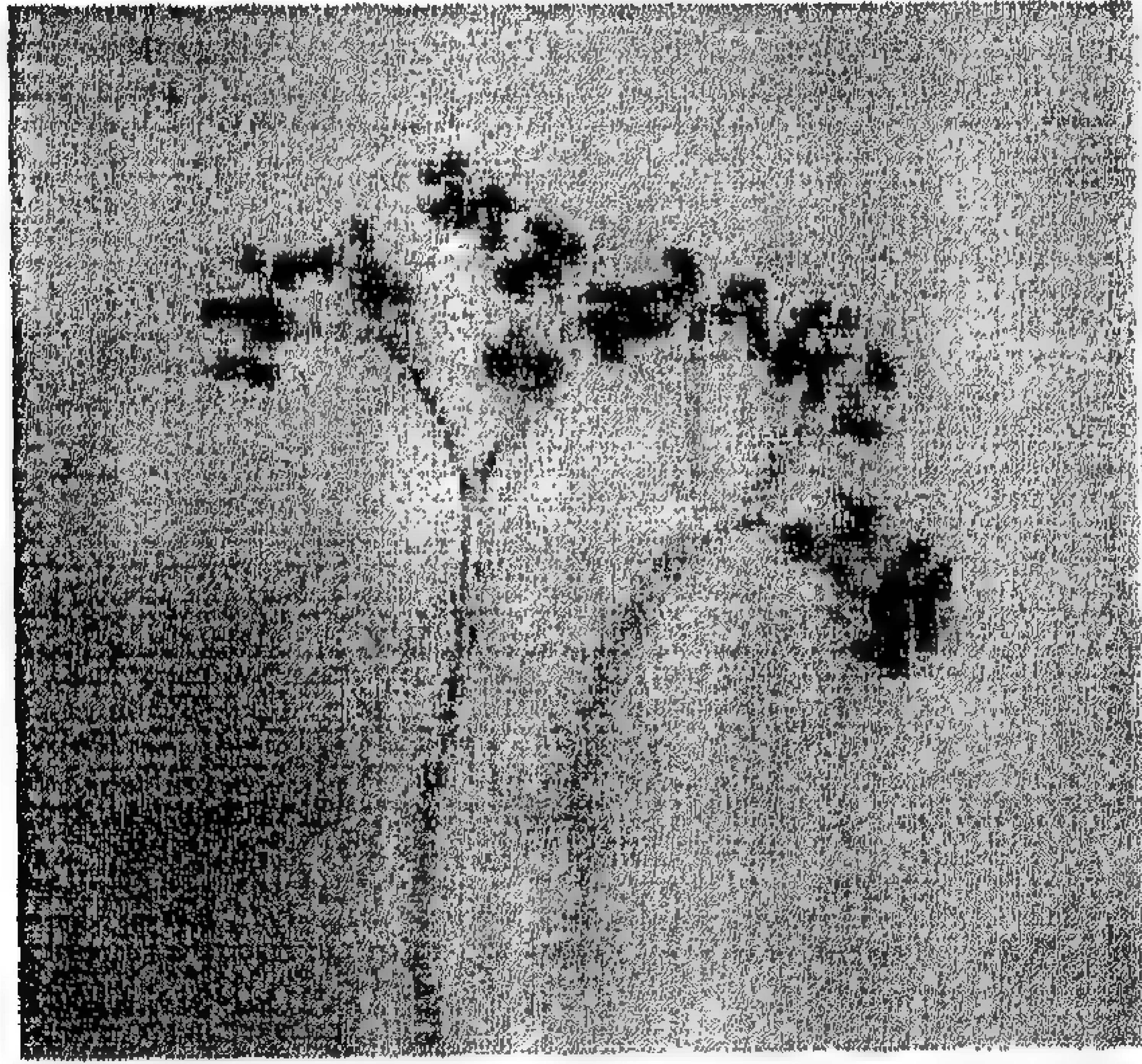


شكل (٤-٣-١-١-١٣-٦):
حامل اسبورانجى وجراثيم زيجية للفطر *Dicranophora fulva*

النوع النموذج *Dicranophora fulva*

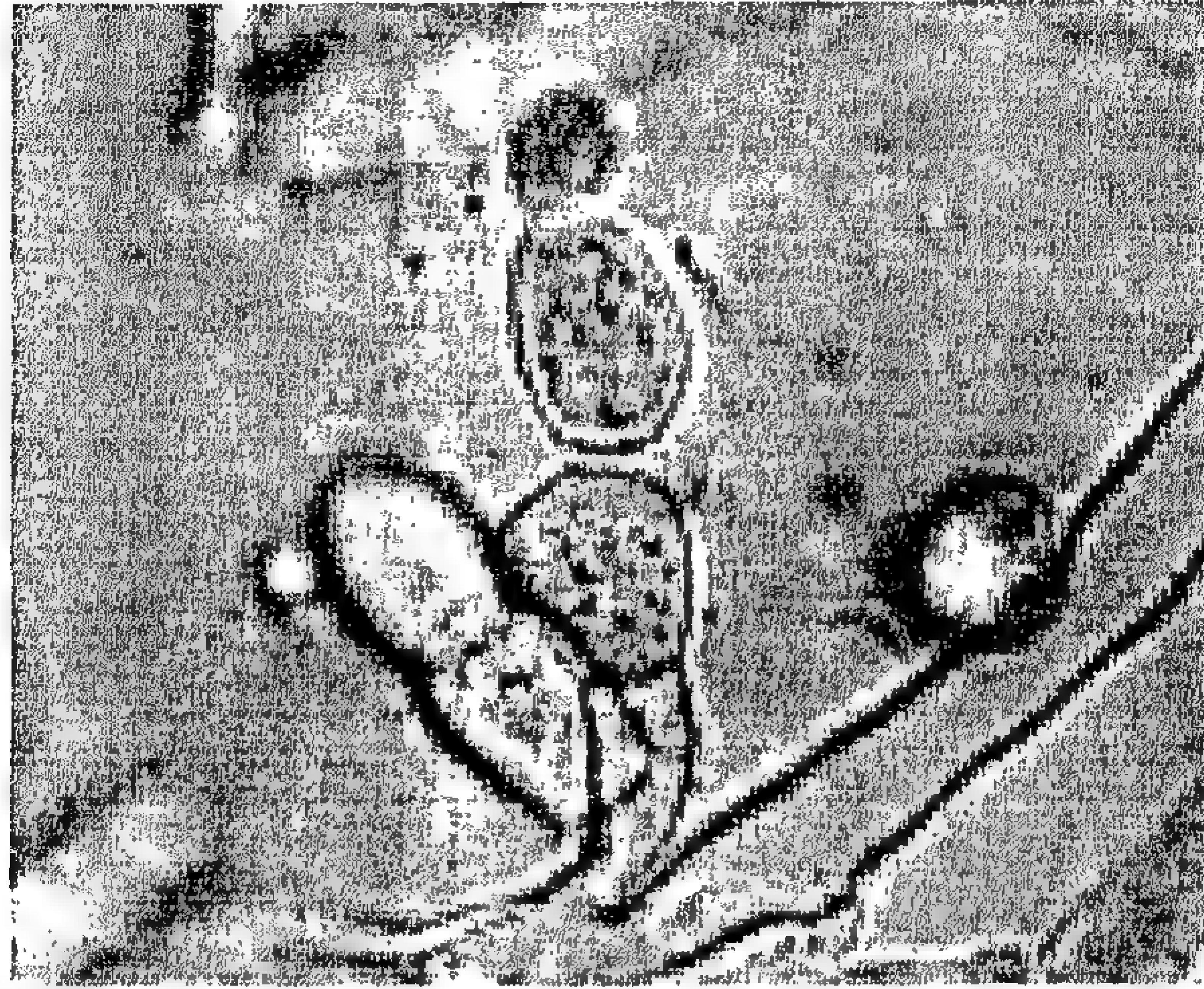
يتطفل هذا الفطر على البوليتية البازيديومسيتية boletaceous basidiomycetes، وهو من الفطريات النادرة التى لا تنمو إذا إرتفعت درجة الحرارة عن ١٩°م، كما يصعب ملاحظته بسبب ضعف نموه على العائل.

يكون النوع *Ellisomyces anomalus* وهو النوع الوحيد الذى ينتمى للجنس *Ellisomyces* حوامل اسبورانجية تنشأ مباشرة من الطبقة التحتية مكونا تفرعات ثنائية أو ثلاثية فى القمة، وهذه تنتهي بكيس اسبورانجى ذو عويميد، كروى، ثابت الجدار، عديد الجراثيم (شكل ٤-٣-١-١-١٣-٧).



شكل (٤-٣-١-١-١٣-٧) : منظر عام للحامل الإسبورانجى *Ellisomyces anomalus*

للجراثيم جدار متموج ومعلقات جانبية قد تكون متماثلة لحد ما. ويكون الفطر جراثيم كلاميدية (شكل ٤-٣-١-١-١٣-٨).



شكل (٤-٣-١-١-١٣-٨) : الجراثيم الكلاميدية للفطر *Ellisomyces anomalis*

تكـون أنـواع جـنس *Fennellomyces* حوامـل اسـبورانجية تحمـل إسـبورانجيات أبوفيزيتية. جدارها سريع الزوال، ذات حوصلة تحـت إسبورانجية، كمـا يعطـى الحامـل الإسبورانجى أعداداً قليلـة أو كـثيرة مـن الإسـبورانجيات ثابتـة الجـدار أبـو فيزيتيـة علـى نتوءات جانبية مستقيمة إلى منحنية إلى ملتفة. الجراثيم الزيجية ذات حافظة زيجية منمنمة وملونة ذات معلقات على الجانبين.

النوع النموذج *F. linderi*

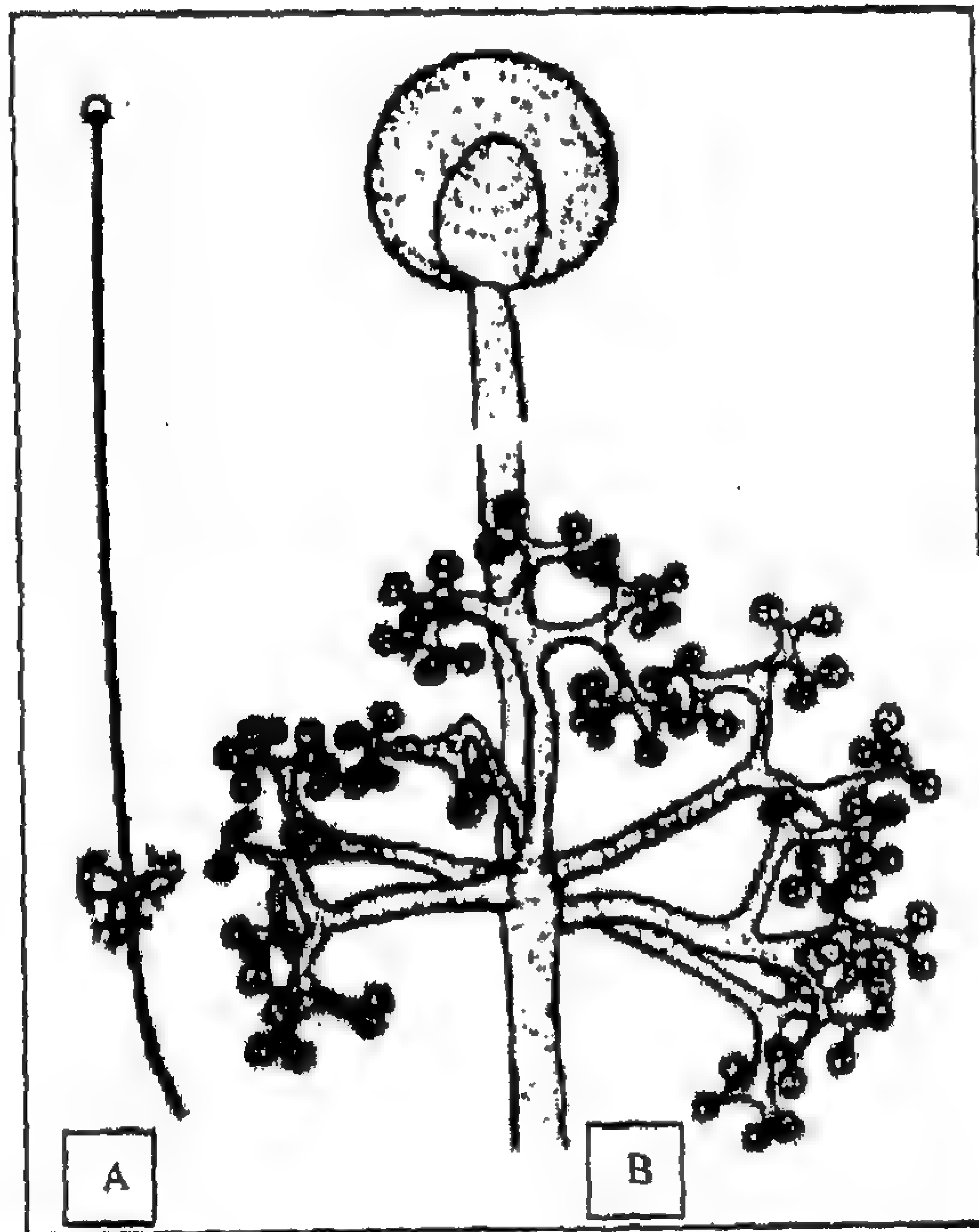
يضم الجنس أربعة أنواع هى :

F. gigacellularis , F. heterothalicus , F. linderi , F. verticellatus

ينتمـى للجـنس *Thamnidium* نوعـاً واحـداً هـو النـوع *T. elegans* ، يعطـى الفطـر بالإضافة للإسـبورانجيات كـبيرة الحجـم العويميديـة؛ فهـو يكـون إسـبورانجيولات عديمـة العويميد تتولد على تركيب عالى التفريع. (شكل ٤-٣-١-١-١٣-٩) تغطـى المسـتعمرة كـل الطبق، رمادية الى بنية شاحبة. الحوامـل الإسـبورانجية طويلـة جـداً، تتولـد علـى هيفـات

سطحية. تحمل النتوءات الإسبورانجيات أو الإسبورانجيولات أو كلاهما، الإسبورانجيولات بنية اللون، العويميد كروى مجعد، الإسبورانجيولات خشنة الجدار، الجراثيم الإسبورانجية من ضيقة إلى أهليليجية متسعة، ذات جدار رقيق أملس.

يمكن للفطر النمو على درجات الحرارة شديدة الإنخفاض (١°م) والدرجة العظمى للنمو ٢٧°م. يوجد الفطر عادة مصاحب للحوم المبردة. ولم يثبت أن الفطر يفرز أى نوع من السموم.



شكل (٤-٣-١-١-١٣-٩) : A) منظر عام للحامل الإسبورانجي للفطر *Thamnidium elegans*، B) الإسبورانجيا الطرفية والإسبورانجيولات الجانبية لنفس الفطر.

يكون الجنس *Zychaea* حوامل اسبورانجية بسيطة أو متفرعة والتى تحمل حوصلات معنقة مفردة أو متعددة الفصوص، طرفياً أو جانبياً، توجد أشباه جذور، الإسبورانجيات كروية إلى حد ما إلى بيضاوية، عويميدية، أبوفيزات، متعددة الجراثيم، ثابتة الجدار، ولم يعرف للفطر جراثيم زيجية.

النوع النموذج *Zychaea mexicana*، وهو النوع الوحيد الذى ينتمى لهذا الجنس وقد عزل من الروث فى المكسيك.

٤-٣-١-١-١٤ الفصيلة أومبيلوبسيدية

Family Umbelopsidaceae

وضع Meyer and Gams عام ٢٠٠٣م هذه الفصيلة لتشتمل على الفطريات والتي وصفت لأنواع لأجناس *Mucor, Mortierella, Micromucor , Umbelopsis*. وفى عام ١٩٧٧م اقترح Gams وضع *Micromucor* كتحت جنس فى الجنس *Mortierella* ونقل إلى هذا التحت جنس ستة أنواع وثلاثة أصناف varieties، إلا أن von Arx قام برفع *Micromucor* من تحت جنس إلى جنس، وقد عامل *Umbelopsis* (ذلك الجنس الذى وصف على أنه فطر ناقص) على أنه فطر زيجي يرتبط بالفصيلة Mucoraceae أو الفصيلة Thamnidiaceae. وقد بقيت ثلاثة أنواع فى الجنس *Micromucor* وهي *M. ramannianus, M. longicollis, M. isabellinus* ووضعت ثلاثة أنواع فى الجنس *Umbelopsis* وهى *U. nana, U. rosea-nana, U. vinacea* .

يمكن التفرقة بين الجنسين *Umbelopsis, Micromucor* شكلياً عن طريق الاختلافات فى نظام تفرع الحامل الإسبورانجى وتكوين العويميد، بالإضافة لذلك، فإن للجنس *Umbelopsis* بعض الأنواع ذات الاسبورانجيات وحيدة الجرثومة. ومن المثير للإهتمام أن Yip (١٩٨٦م) يرى أن سبب فصل الجنسين استناداً إلى طول الحامل الإسبورانجي وقصره لا يمكن استخدامها كصفة أساسية للفصل بين الجنسين ذلك لأن النوع *M. isabellina* يكون كلا الطولين للحامل الإسبورانجى، لذلك، فقد اقترح ضرورة ضم جميع أنواع جنس *Micromucor* إلى الجنس *Umbelopsis*.

أجريت الكثير من الدراسات لتحديد موقع *Umbelopsis*، هل هو ينتمى

إلى Mortierallacea أم إلى Mucoraceae. وقد وجد أن هذا الجنس (*Mortierella isabellina* group)، أكثر ارتباطاً بالفصيلة Mucoraceae استناداً إلى الأحماض الدهنية ومقارنة تركيب عديدات التسكر المفرزة الأنتيجينية antigenic extracellular polysaccharides ، وكذا باستخدام RFLP لمنطقة ITS وتتابعات ITS1، أثبتت أن الغمامتين الشقيقتين في مجموعة *M. isabellina* لا ترتبط مع اصطباغ الجرثومة أو بأى صفة شكلية؛ لذلك، فإن جميع هذه الفطريات تعامل على أنها أفراد لجنس *Umbelopsis* وقد وجد أن جنس *Umbelopsis* يعد قريباً من Mucoraceae وليس مرتبطاً بالـ Mortierellaceae.

لهذه الأسباب فإن الفصيلة Umbelopsidaceae تحتوى فقط على الجنس *Umbelopsis*.

تتميز الفصيلة Umbelopsidaceae بأن الحوامل الإسبورانجية تنشأ من حوصلة على جذيع Stipe، تتولد سوارياً أو سنمياً cymosely، تنتهى باسبورانجيوم وحيد الجرثومة أو متعدد الجراثيم بحير اللون، والذى قد يحتوى على عويميد أو قد لا يحتوى، الجراثيم الإسبورانجية زاوية أو ليست زاوية وذات أشكال مختلفة ولها نفس لون الكيس الاسبورانجى، وقد يكون الحامل ذو زوائد فى بعض الأنواع، تتكون جراثيم كلاميدية بوفرة. ولم يعرف فى هذه الفصيلة جراثيم زيجية.

٤-٣-١-٢ رتبة ديمارجاريتالات

Order Dimargaritales

وضع Benjamin عام ١٩٥٩م النوعين *Dispira cornuta , Dimargaris cristalligena* فى الفصيلة Dimargaritaceae – وهى الفصيلة الوحيدة التى تنتمى لهذه الرتبة – والذى سبق معرفتها قبل أن تضم هذه الرتبة أنواعاً أخرى. وقد كتب Van Tieghem (عام ١٨٧٥م) عن النوع *D. cornuta*، ولم يوصف النوع *D. cristalligena* بين عامى ١٨٧٥م



و١٩٥٩م، عندما وصفه بنيامين عام ١٩٥٩م.

وبعد عمل بنيامين عام ١٩٥٩م عرف دارسوا الزيجوميسيتات الفصيلة Family Dimargaritaceae والتي تحتوى أربعة أجناس هي:

Tieghemiomyces , Spinalia , Dispira , Dimargaris

ويعد الجنس *Spinalia* جنساً متفرداً في هذه الفصيلة، ذلك لأن الميروسبورانجيات لا تتكون على الفريعات الجرثومية، ولكنها تنشأ مباشرة من الحوصلة الخصيبة. أمكن تنمية الغالبية العظمى من أنواع الأجناس *Tieghemiomyces, Dispira, Dimargaris* على أوساط غذائية تحتوى العائل المناسب، وأغلب الأنواع متطفلات مماصية على الفطريات الميكورية ويمكن تنميتها بنجاح على الفطر *Cokeromyces recurvatus* (ولم يزرع عليه النوع *Spinalia ratians* باستثناء النوعين *Dispira simplex* ,*D. implicate* اللذان يتطفلا على الفطريات الأسكية (*Chaetomium* spp.). كما أن غالبية أفراد هذه الفصيلة تعيش في الروث coprophilus، إلا أن بعض الأنواع أمكن عزلها من سائل جزوع الأشجار النفضية مثل النوع *S. radians*، أو تعزل من التربة مثل النوع *Dimargaris simplex*.

أغلب أنواع الفصيلة Dimargaritaceae ذات جراثيم جافة عند النضج، وتشمل *Dimargaris xerosporica* , *D. orida* أما بقية أنواع *Dimargaris* spp. فتنساب جراثيمها فى قطرة سائل عند النضج.

يتفرد النوعين *Dimargaris bacillispora* , *D. oblongispora* بطريقة تكوين الميراسبورانجيوم، حيث تتكون الجراثيم مفردة، بمعنى أن الميراسبورانجيوم يصل إلى حجمه الناضج الكامل قبل أن تنشق الجراثيم، أما فى بقية أنواع هذه الفصيلة، فتتكون جراثيم الميراسبورانجيوم بالتتابع، أى أن الجرثومة الحديثة تتكون من تبرعم الجرثومة الأقدم عمراً للحاجز العرضى للنوع *Dimargaris cristalligena* بروز سفلى ناتئ والعلوى كروى حاد من القمة، مستدير، بينما يكون كلا التركيبين كرويين فى بقية أنواع هذه الفصيلة.

يتشابه تركيب الجدر والحواجز العرضية فى جميع الأنواع، يتركب الجدار من طبقتين. الخارجية رقيقة نسبياً ومستمرة على طول الهيفا، بينما الداخلى فهو أكثر سمكاً، متقطع (حيث يتقطع فى مكان الحاجز العرضى) ويكون مستمراً مع الحاجز العرضى. يتركب كلا من الجدار والحاجز العرضى من الشيتين والهميسليولوز مع وجود حمض hyaluronic فى الحاجز العرضى، كما يحتوى الجدار الخارجى والحاجز العرضى على دهون صامدة للأحماض وصبغات lipofuscin بالإضافة لأحماض دهنية غير مشبعة فى الجدار الخارجى.

للنوع *Dimargaris verticellata* – المتطفل على الفطريات الميوكورية – مجال عوائلى واسع المدى فى رتبة Mucorales، ولا يتطفل على أى من الفطريات الأسكية أو البازيدية. يمكن للنوع *Dispira complex* أن يتطفل على أنواع *Chaetomium*، إلا أن المدى العوائلى يرجع للنسبة بين الجلوكوز ومستخلص الخميرة فى الوسط الغذائى.

أمكن تنمية كثير من أنواع هذه الفصيلة فى مزارع نقية بدون عائل على وسط YGCH، حيث يستخدم الجليسيرول كمصدر للكربون بدلاً من الجلوكوز.

تتميز أنواع الفصيلة Dimargaritaceae بأن أفرادها متطفلات مماصية على غيرها من الفطريات، الميسليوم متفرع – مقسم، يكوّن حوامل جرثومية مقسمة، بسيطة أو متفرعة، الحاجز العرضى ذو تجويف عدسى مفرد، يحتوى على سدادة تحمل زائدة قطبية، تذوب السدادات فى محلول ٢–٣٪ KOH. التكاثر اللاجنسى يتم بتكوين جراثيم اسبورانجية تتكون فى ميراسبورانجيوم ذو جرثومتين، ينشأ مباشرة من حوصلة طرفية، أو من فرعيات متخصصة تنشأ من الحوصلة أو من قمة غير مفلطحة للحامل الجرثومى، الفريعات الجانبية بسيطة أو متفرعة. التكاثر الجنسى عن طريق تكوين جراثيم زيجية كروية إلى حد ما ذات

جدار أملس أو منمنم – جدار الحافظة الزيجية رقيق، أملس، الهيفات الجنسية غير متميزة، تشبه الهيفا الجسدية.

التقسيم

أ- تتولد الميراسبورانجيا على الحويصلات مباشرة *G. spinalia*

أأ- تتولد الميراسبورانجيات على فريعات جرثومية، قد تتكون أو لا تتكون حويصلات.. ب

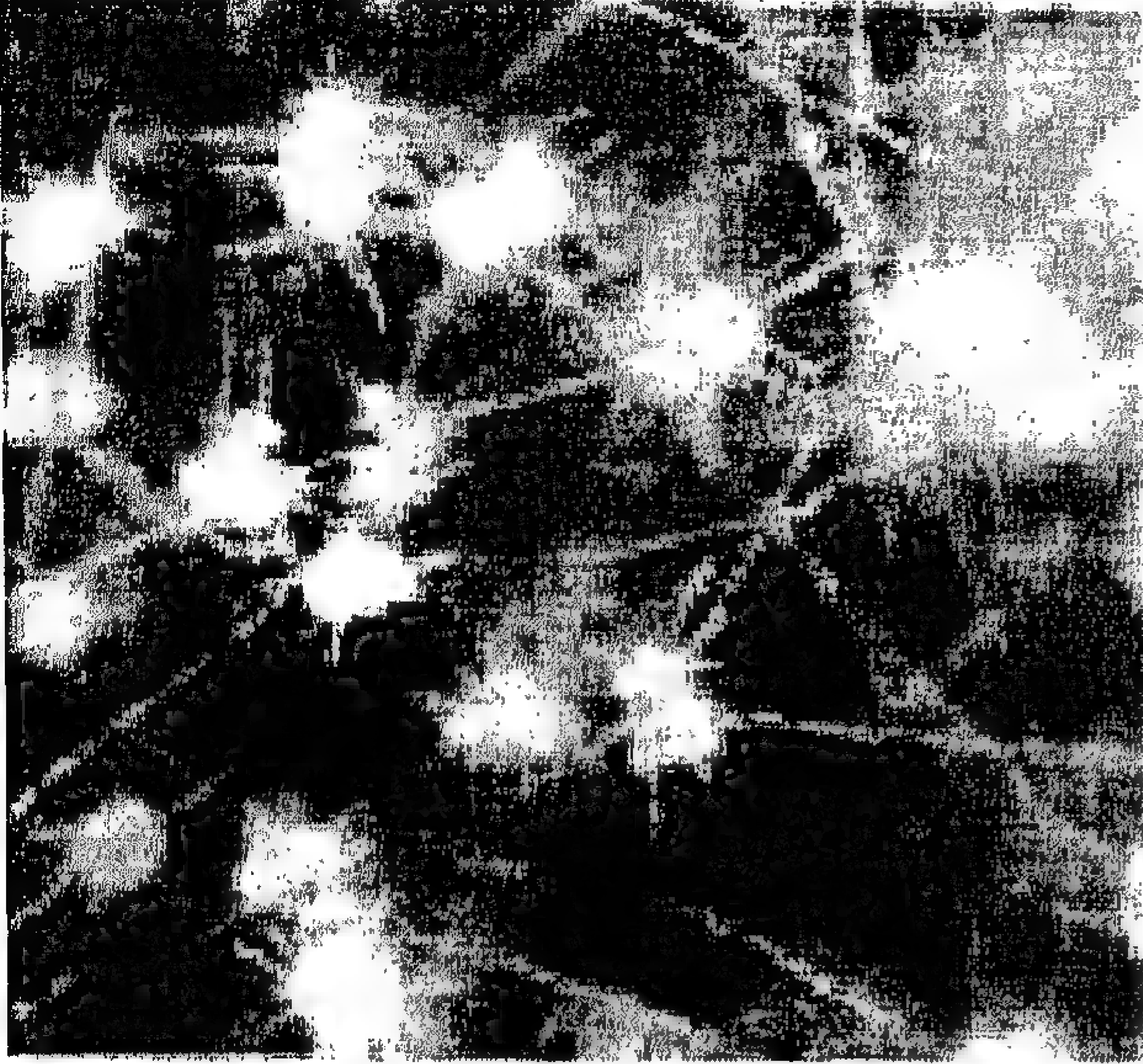
ب- تتكون الرؤوس الإثمارية جانبياً على الحوامل الجرثومية، الفريعات الجرثومية ذات واحد إلى ٣ خلايا، توجد أو لا توجد نهايات هيفية عقيمة *G. Tieghemiomyces*

ب ب- تتكون الرؤس الإثمارية جانبياً على الحامل الجرثومى أو على أحد فروعه، الفريعات الجرثومية من خليتين إلى عدة خلايا، قد تتكون أو لا تتكون هيفات طرفية عقيمة..جـ

جـ- لا تتكون هيفات طرفية عقيمة، الفريعات الجرثومية من عدة خلايا، الجراثيم جافة أو رطبة عند النضج *G. Dimargaris*

جـ جـ- تتكون هيفات طرفية عقيمة، الفريعات الجرثومية من خليتين، الجراثيم جافة عند النضج *G. Dispira*

الجنس ***Tieghemiomyces*** الحوامل الإسبورانجية قائمة، غير متفرعة أو متفرعة شكل (٤-٣-١-٢-١) تحمل الهيفات الخصبة جانبياً. الهيفات الخصبة مقسمة، تتفرع تحت سوارية، تحمل الكثير من الأفرع الخصبة عديدة الخلايا، تحمل ميراسبورانجيا ثنائية الجراثيم. الجراثيم الإسبورانجية تحت كروية إلى أهليليجية، جافة عند النضج، الجراثيم الزيجية كروية، ذات جدار رقيق منمنم، المعلقات هيفية. متطفلات مماصية على الميوكورات.

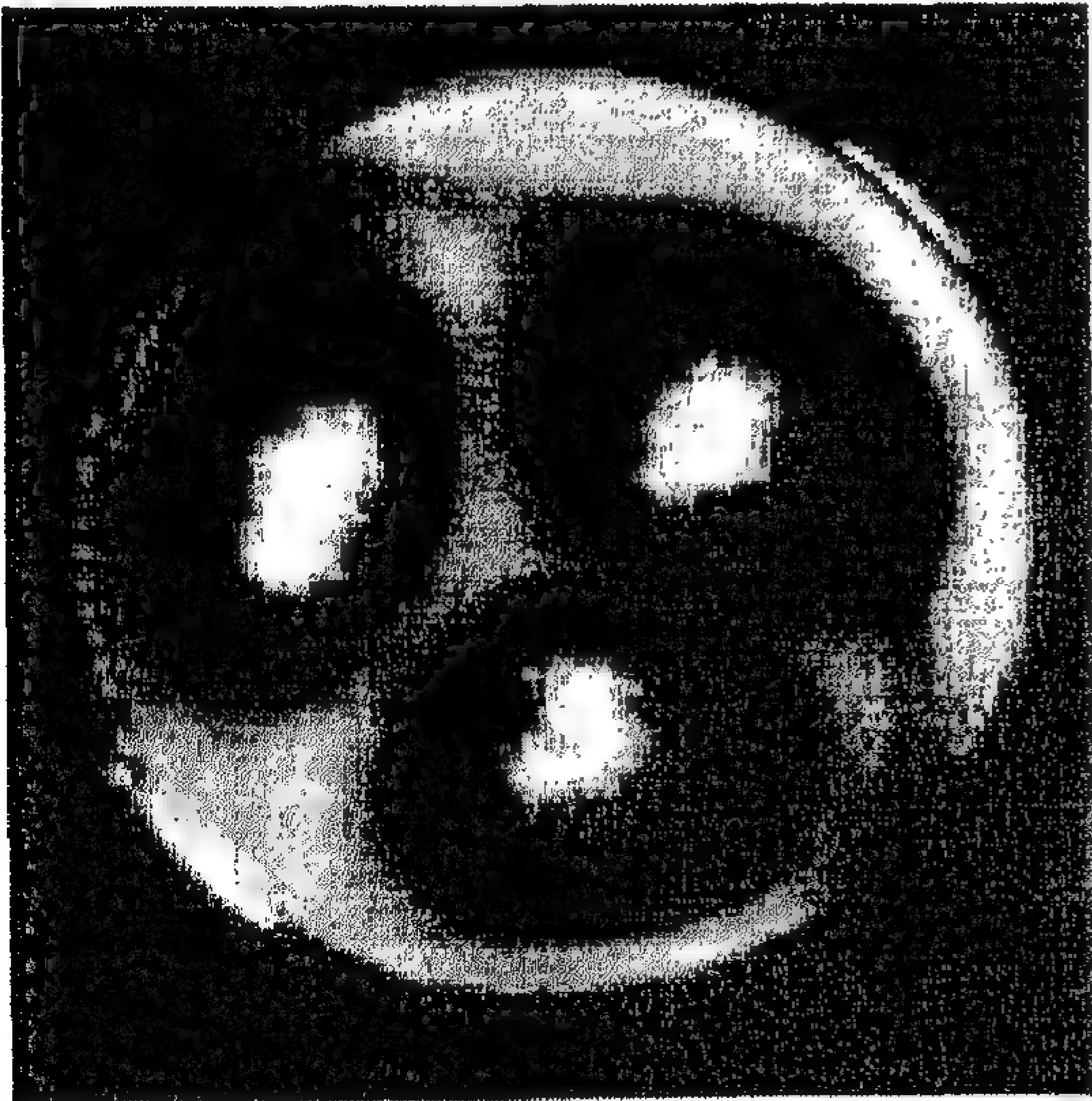


شكل (٤-٣-١-٢-١) :
حوامل إسبورانجية مفردة ورؤوس متجرثمة للنوع
Tieghemiomyces californicus

يضم الجنس نوعان :

النوع النموذج *T. californicus* , *T. parasiticus*

يمكن للنوع *T. californicus* النمو على كثير من الأوساط الغذائية على العديد من العوائل الميوكوربة شكل (٤-٣-١-٢-٢) كما يمكن زراعته على آجار MEYE بدون عائل، كما يتكاثر طبيعياً، لا جنسياً وجنسياً، الحوامل الإسبورانجية للنوع *T. californicus* الناضجة تنفصل بسهولة فى منطقة مباشرة أسفل المنطقة المكونة للجراثيم. عزل النوع الثانى *T. parasiticus* من روث الفئران المجموع فى الألينوى (الولايات المتحدة).



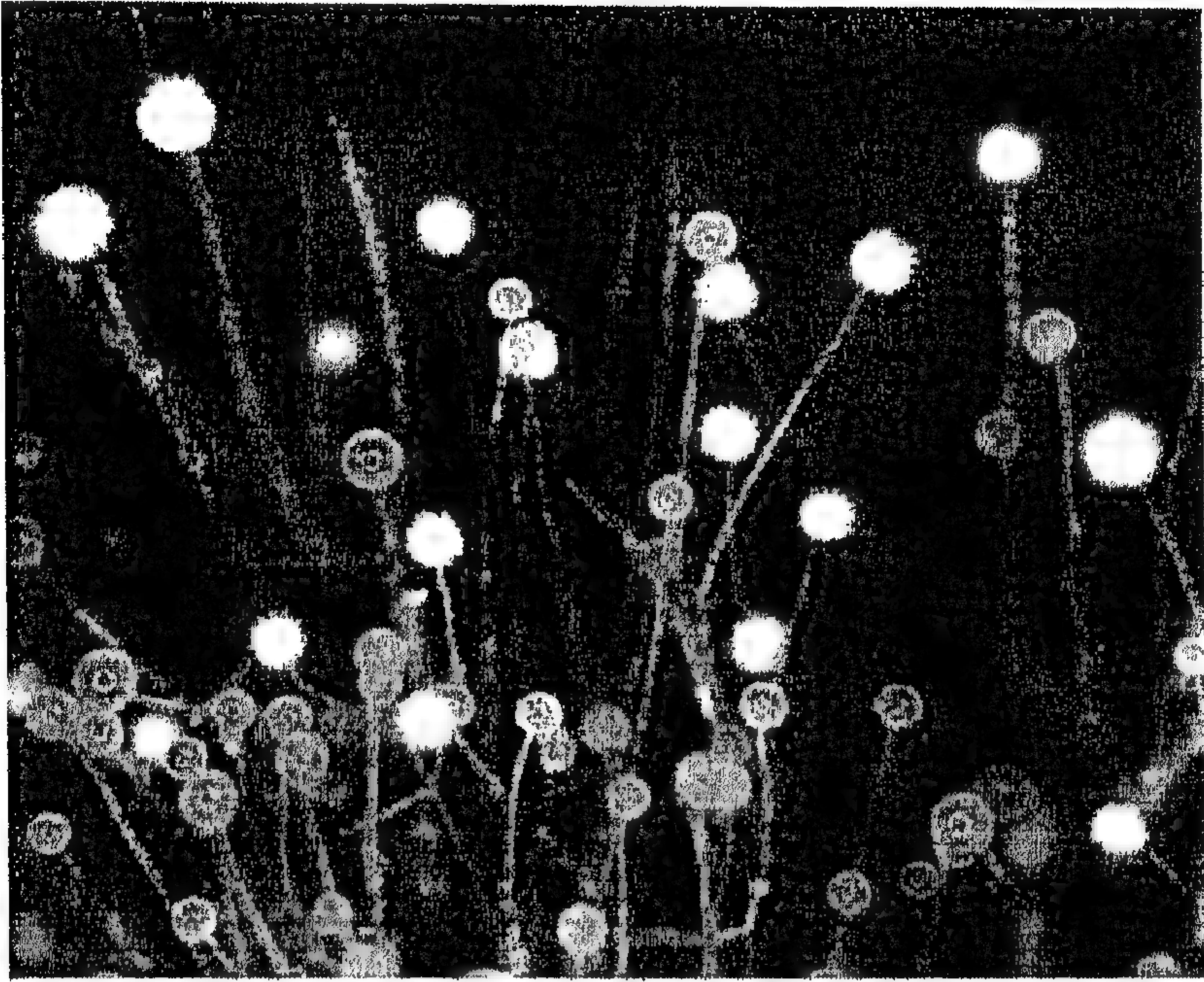
شكل (٤-٣-١-٢-٢):
ثلاث مستعمرات للنوع *T. californicus* نامياً على الفطر *Cokeromyces recurvatus*

الجنس *Dimargaris* الحوامل الإسبورانجية قائمة، فى البدء بسيطة ثم تصبح متفرعة شكل (٤-٣-١-٢-٣)، تتولد الرؤس الخصيبة على قمة غير ممتدة أو مفلطحة، تنشأ فريعات متعددة الخلايا، بسيطة أو متفرعة بالتبرعم من قمة كل فرع. تشكل الخلايا المتبرعمة من الفريعات الجرثومية لفات من الميروسبورانجيا ثنائية الجراثيم. الجراثيم الإسبورانجية أهليليجية إلى اسطوانية ملساء الجدار، تبقى جافة أو تنساب فى قطرة من سائل عند النضج. الجراثيم الزيجية كروية إلى حد ما، سميكة الجدار، شفافة، ملساء أو منمنمة، ذات معلقات هيفية. متطفلات مماصية على الميكورات.

أنواع جنس *Dimargaris*

D. xerosporica
D. verticellata
D. simplex
D. oblongispora
D. cristalligena (النوع النموذج)
D. bacillispora
D. arida

قد تشاهد أنواع هذا الجنس مصادفة على الروث، وعلى الأخص روث القوارض، حيث تنتشر فيها، ونادراً ما تعزل من التربة. جميع أنواع هذا الجنس متطفلات مماصية على أفراد رتبتى Mucorales , Mortierellales، ويفضل تنميتها على الفطر *Cokeromyces recurvatus* وعلى الأخص عندما ينمى الفطر العائل على وسط غذائى V8 juice.



شكل (٤-٣-١-٢-٣): الحوامل الإسبورانجية تحمل الرؤس المتجرثمة للفطر *Dimargaris cristalligena*

الجنس ***Dispira*** الحوامـل الإسـبورانجية قائمـة بسـيطة تنتهـى بقمـة خصـبة تحمـل جانبياً أفرع خصبة (شكل ٤-٣-١-٢-٤)، أو تتفرع قمياً مكونة تفرعـات خصـبة حلزونيـة أو مستقيمة إلى منحنية. كل فرع خصب يتركب من فـرع رئيسـى والـذى ينتهـى بقمـة غـير ممتدة أو مفلطحة تحمل الرأس الخصبة فريعـات جرثوميـة بسيطة أو متفرعـة مـن خليـتين وهذه تكوّن الميراسبورانجيا ثنائيـة الخلايـا. الجـراثيم الإسبورانجية كرويـة إلى أهليلجيـة، ملساء الجدار، تبقى جافة عند النضج. الجراثيم الزيجية كروية إلى حد ما، رقيقة الجـدار، شفافة، منمنمة. متطفلات مماصية على الميكورات والأسكيات.





شكل (٤-٣-١-٢-٤): مجموعة حوامل إسبورانجية تحمل رؤوس متجرثمة للنوع *Dispira cornuta*

يضم الجنس أربعة أنواع هي :

Dispira cornuta (النوع النموذج)

D. implicate
D. parvispora
D. simplex

يتطفل النوعان *D. cornuta , D. parvispora* على الميوكورات، أما النوعان الآخران *D. simplex , D. implicate* فيتطفلا على جنس *Chaetomium* (أسكى) عزلت جميع الأنواع من الروث.

٤-٣-١-٣ رتبة الكيكزيلالات

Order kickxellales

عندما أنشأ Linder عام ١٩٤٣م Family kickxellaceae ضمنها ثلاثة أجناس الجنس *Coemansia* والجنس *Kickxella* والجنس *Marlensella* هذه الأجناس الثلاثة كان يضعهم الميكولوجيين ضمن الفطريات الناقصة Deuteromycetes. وضع Linder هذه الفصيلة في Zygomycetes بعد أن لاحظ أن النوع *Coemansia aciculifera* يكوّن جراثيم زيجية. ظهرت هذه الفصيلة في عدة معالجات للميكورات أو الزيجوميسيتات التي نشرت بعد هذا التاريخ. في عام ١٩٧٩م وضع Benjamin رتبة الكيكزيلالات، وهو التقسيم الذي اتبع في قاموس الفطريات ٢٠٠١.

أضيف حديثاً لهذه الرتبة الأجناس *Pinnaticoemansia* , *Ramicandelaber* , *Mycoemilia* , *Myconymphaea*. بالرغم من أن أنواع جنس *Martensella* متطفلات، إلا أنها متطفلات لا مماصية. سجل كذلك النوع *Coemansia reversa* متطفلاً على *Isaria* spp إلا أنه أمكن تنميته وجرثمته في مزارع نقية بدون وجود عزلة *Isaria*. ينمو النوعان *Spiromyces minutus* , *Spirodactylon aureum* ببطئ معملياً على الأوساط الغذائية المحتوية على الجليسيرول YGCH (مستخلص خميرة ١٥جم، جليسرول ١٥مل، كازين متحلل ١٥ جم، فوسفات بوتاسيوم قاعدية ١جم، كبريتات مغنسيوم ٠,٥جم، أجار ١٥ جم، ماء مقطر لتر). كما ينمو *Spiromyces minutus* , *Spirodactylon* جيداً ويتجرثمان على الأوساط عندما يتواجد فطر آخر معهم.

بعض الأنواع تنمو جيداً على آجار YPSS منها:

Spiromyces aspiralis , *Martensiomyces pterosporus* , *Linderina pennispora* , *Dipsacomyces pterosporus*

وعدة أنواع تنتمي للجنس *Coemansia*.

نمى النوع *Kickxella alabastrina* جيداً على الوسط الغذائى MEYE وعلى الوسط الغذائى CMPY، كما تنمو كثير من عزلات الجنس *Coemansia* على الوسط الغذائى MEYE.

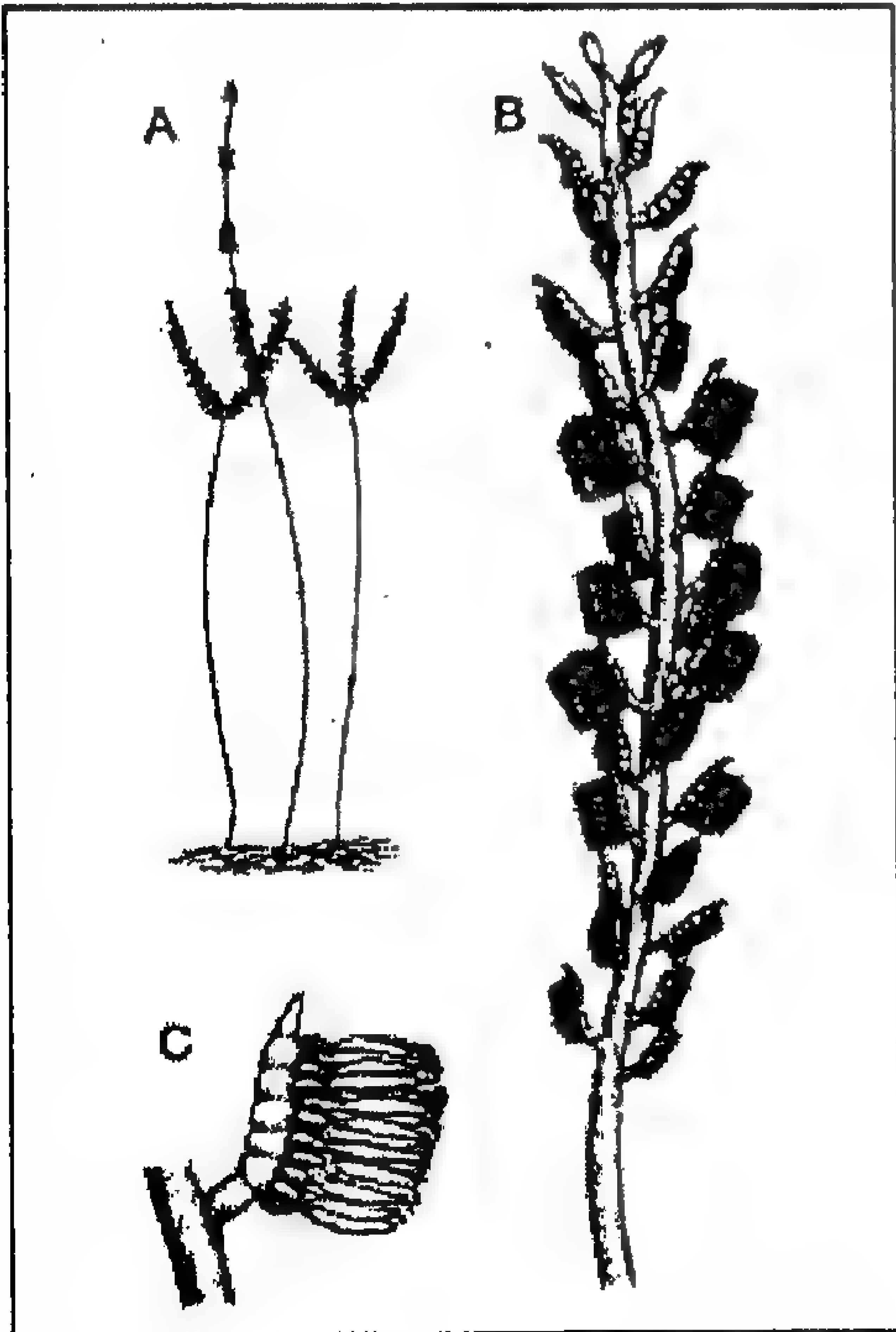
ينتمى الآن إلى الفصيلة Kickxellaceae إثنى عشر جنساً، أفراد عشرة من هذه الأجناس تنساب الميراسبورانجيا فى قطرات جرثومية (فهى جراثيم مبتلة عند النضج) وهم:

Ramicandelaber, Pinnaticoemansia, Myconymphaea, Mycoemilia, Martensiomyces, Martensella , Linderina , Kickxella, Dipsacomyces, Coemansia

بينما الجنسين الباقيين ذات جراثيم جافة عند النضج هما: *Spiromyces* و *Spirodactylon*. الأنواع ذات الجراثيم الجافة والرطبة تظهر أنواع مختلفة من النمنمة الميروسبورانجية. تكوّن الأشكال رطبة الجراثيم نظام مميز لكل نوع، ويرجع إلى أن قمم الأشواك التى تتصل بالحزم العرضية لمادة الجدار تطمر فى جدار الجرثومة. تبرز قمم الأشواك خلال الطبقة الخارجية لجدار الجرثومة الميروسبورانجية وتلامس الجانب الداخلى لجدار الميروسبورانجيا تاركة منطقة ضعيفة الإرتفاع. فى الأنواع ذات الجراثيم الجافة تبدو الأشواك واضحة وتظهر بوضوح على الجراثيم الميروسبورانجية.

ميز Benjamin (١٩٦٦م) أربعة أنماط من الأفرع الجرثومية Sporocladia جنسان يكونان اسبوروكلاديات وحيدة الجرثومة : تتكون الميروسبورانجيا على فياليدات كاذبة والتى تنشأ من الأسبوروكلاديوم فى أنواع جنس *Linderina*، بينما فى أنواع جنس *Spiromyces* تتقلص الأسبوروكلاديوم قمياً وتتكون الاسبورانجيول ذات النتوء على قمة بصيلة، ولا يكوّن النوع *Spiromyces minutus* فياليدات كاذبة. فى بقية أعضاء الفصيلة الككزلية يكون الإسبوروكلاديوم متعدد الخلايا وتنشأ الميروسبورانجيا من فياليدات كاذبة

كما فى النوع *Kickxella alabastrina*، فالفرع الجرثومى (اسبوروكلاديا) من ثلاثة خلايا وتترتب عدة ميروسبورانجيات خيمية Umbellately على قمة الحامل الجرثومى ذات الشكل الحوصلى المثير، بينما فى الأنواع الأخرى ينشأ الفرع الجرثومى جانبياً من الحامل الجرثومى وهى *Spirodactylon, Martensella, Dipsacomyces, Coemansia*، أو خيمية على فرع جانبى للحامل الجرثومى كما فى الجنس *Martensiomyces*، ويوضح شكل (٤-٣-١-٣-١) الشكل العام للفطر *Coemansia mojavensis*. عزلت عدة أنواع حصرياً من التربة: *Ramicandelaber, Martensiomyces, Linderina, Dispsacomyces* وبعض أنواع جنس *Coemansia*. جنس واحد يفترض أنه متطفل *Martensella* وبقية أفراد العائلة مستوطنات للروث (*Kickxella, Coemansia , Spiromyces, Spirodactylon*) أو أمكن عزلها من الحشرات الميتة أو من البراز فى التربة: *Pinnaticoemansia, Mycoemilia*.



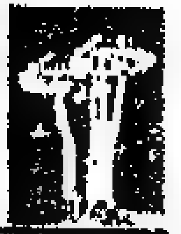
شكل (٤-٣-١-٣-١): الفطر *Coemansia mojavensis*

A) منظر عام للحامل الإسبورانجى

B) الجزء العلوى للحامل يظهر بعض Sporoeladia

C) صورة مكبرة للميراسبورانجيا متولدة على Sporocladium

الجراثيم الزيجية فى رتبة الككزللات تشبه تلك التى تتكون فى رتبة



Dimargaritales وذات جدار أملس منمنم ومعلقات غير مميزة.

تتميز أفراد هذه الرتبة بأن الميسليوم مقسم بانتظام، الحاجز العرضي ذو تجويف عديسي يحتوى سدادة تفتقر إلى البروز Protuberance، لا تذوب السدادة في محلول هيدروكسيد البوتاسيوم المخفف. تنشأ الحوامل الجرثومية مباشرة من الهيفا الجسدية، مقسمة بإنتظام، بسيطة أو متفرعة. الأفرع الجرثومية الخصبة غير مقسمة أو مقسمة، تعطى ميروسبورانجيا وحيدة الجرثومة بصورة غير مباشرة عبر خلية وسيطة (الفياليد الكاذب)، أو عدة ميروسبورانجيا تنشأ من امتداد بصلى الشكل للفرع الجرثومي. الجراثيم الزيجية كروية، ملساء أو منمنمة، جدار الحافظة الزيجية رقيق، أملس، الهيفات الجنسية غير متمايزة، تشبه الهيفا الجسدية. مترممات أو متطفلات لا مماصية. تضم الرتبة فصيلة واحدة هى Family kickxellaceae. والنوع النموذج هو *Kickxella coemans*.

وفيما يلى مفتاح لأجناس هذه الفصيلة :

أ- الفرع الجرثومى غير مقسم إلى تقسيم واحد، السطح الحامل للجراثيم كروى إلى حد ما إلى دورقى الشكل...(ب)

أأ- الفرع الجرثومى (إسبوروكلاديا) من ٣ إلى عدة تقسيمات، عادة مستطيل ونحيف الطرف...(و)

ب- لا يتكون فياليد كاذب...(جـ)

ب ب- يتكون فياليد كاذب...(د)

جـ- تنشأ الأفرع الجرثومية جانبياً، صغيرة نسبياً، بيضاوية تحمل عدد قليل من اسبورانجيولات كروية أو تحت كروية مباشرة على جسم بيضاوى، ينتهى باستطالة *G. Spiromyces*

جـ جـ- تتولد عدة أفرع جرثومية طرفياً على فرع خصيب أو على فريع يشبه الجرة ضيقة العنق، يحمل طرفياً عدة نتوءات أو قد يكون الفريع إسطوانى لحد ما، الإسبورانجيولات منحنية من ناحية واحدة

G. Mycoemilia

د- كل فرع خصيب ينتج فياليد كاذب مفرد *G. Ramicandelaber*

دد- كل فرع خصيب يحمل عدة فياليدات كاذبة.........................هـ

هـ- الفرع الجرثومى اسطوانى إلى دورقى الشكل، مدمج خلوى أو ذات جدار عرضى واحد، ينشأ من حوصلة طرفية، المنطقة الخصيبة للحامل الإسبورانجى بسيطة أو عقربية، الجراثيم متفرقة كالمنجل

G. Myconymphaea

هـ هـ- الفرع الجرثومى كروى إلى أهليليجى متسع، ينشأ طرفياً المنطقة الخصيبة للحامل الإسبورانجى مفصلية، عقربية أو بسيطة، الجراثيم اسطوانية لحد ما إلى كمثرية منعكسة ضيقة أو تشبه العظمة *G. Linderina*

و- الجراثيم اهليلجية، طولها أطول قليلاً من عرضها، المنطقة الخصيبة من الحامل الجرثومى ليست ملفوفة بإحكام، ينشأ الفرع الجرثومى من داخل الملف

G. Spirodactylon

وو- الجراثيم متطاولة، الطول أكثر من ضعف العرض، المنطقة الخصيبة من الحامل الجرثومى ليست ملتفة بإحكام (قد تكون حلزون سائب) فإذا كانت ملتفة، حينئذ ينشأ الفرع الجرثومى من خارج الحلزون...(ز)

ز- تنشأ الأفرع الجرثومية فى أزواج على طول الهيفا الخصيبة والتى تنتهى بشوكة عقيمة، الجراثيم الإسبورانجية ذات هالة مميزة

G. Pinnaticoemansia

زز- لا تنشأ الأفرع الجرثومية في أزواج، تفتقد الجراثيم الإسبورانجية إلى الهالة (أكليل)..(ح)

ح- تتكون الأفرع الجرثومية على طول الهيفا الهوائية، ولكنها لا تتشكل أولاً على قمة الهيفا الخصيبة

G. Dipsacomyces

ح ح- ليست كما سبق..(ط)

ط- تتشكل الأفرع الجرثومية الصغيرة طرفياً ومع نمو قمة الحامل الإسبورانجي تترتب الأفرع الجرثومية الناضجة بصورة ما بإنتظام على طول جانب الهيفا الخصبة......(ى)

طط- تنشأ الأفرع الجرثومية من حوصلة في قمة الفرع الخصيب..................(ك)

ى- تتولد الإسبورانجيول على السطح العلوى للأفرع الجرثومية

G. Martensella

ى ى- تتولد الإسبورانجيول على السطح السفلى للأفرع الجرثومية

G. Coemansia

ك- تتشكل الأفرع الجرثومية سواريا ومتزامنة

G. Kickxella

ك ك- تتشكل الأفرع الجرثومية خيمياً وبالتتابع

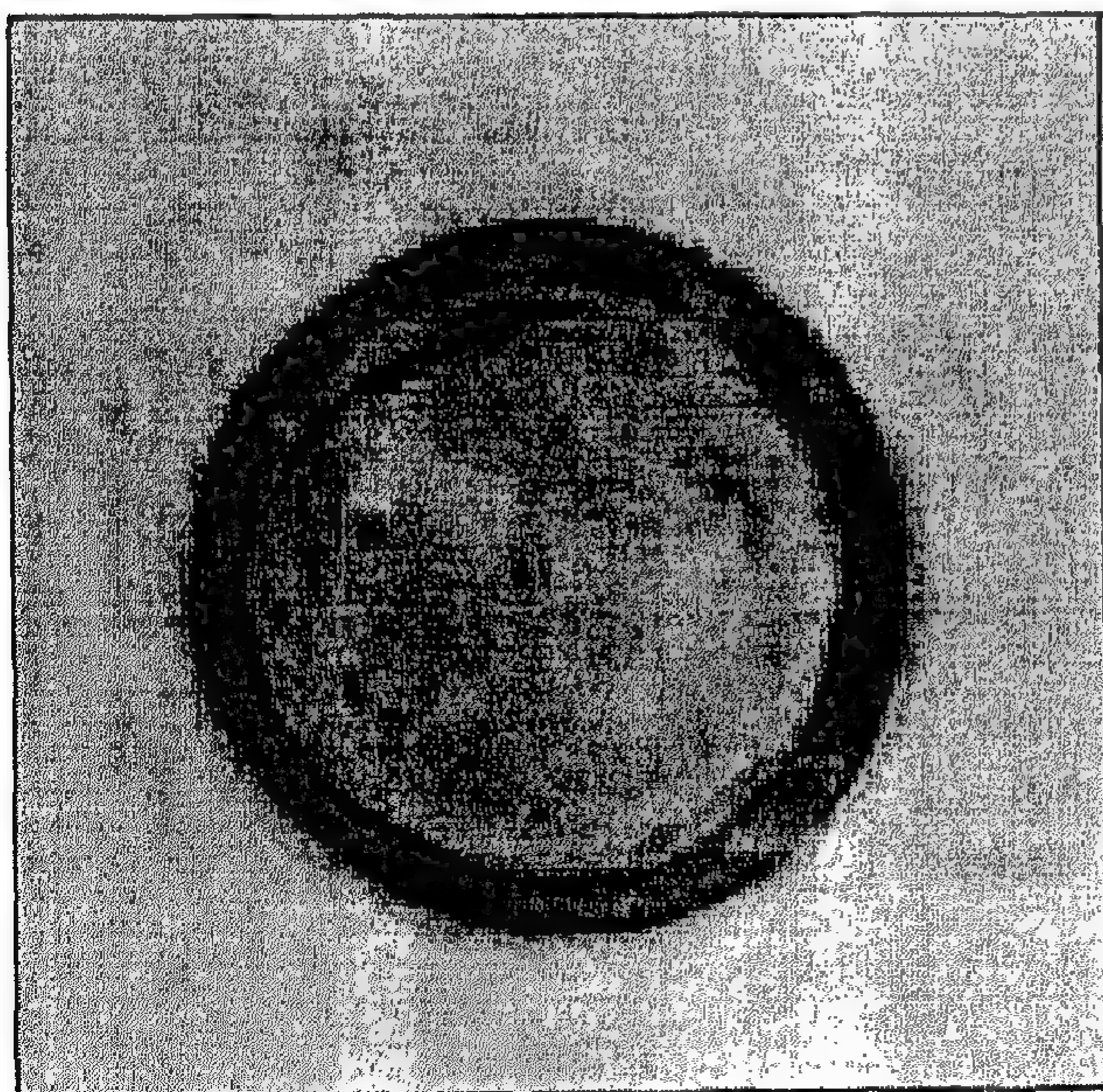
G. Martensiomyces

الجنس ***Coemansia*** تتميز أنواع هذا الجنس بالحامل الإسبورانجي المقسم، بسيط أو متفرع، المنطقة الخصبة مستقيمة إلى حد ما أو ملتفة. تتكون الأفرع الجرثومية في قمة الحامل الإسبورانجي وتنشأ من الجانب ومن خارج الملف للمنطقة الخصبة مع استمرار نمو القمة. الفرع الجرثومي متعدد الخلايا، يعطي فياليدات كاذبة من السطح السفلي (شكل ٤-٣-١-٣-٢).



شكل (٤-٣-١-٣-٢) عدة أفرع جرثومية متكونة من الحامل الإسبورانجى للنوع *Coemansia mojavensis*

الميراسبورانجيات وحيدة الخلية، متباينة الأشكال، يتكون ميراسبورانجيوم واحد من كل فياليد كاذب، تنساب فى سائل عند النضج. الجراثيم الزيجية كروية لحد ما، هيفات المعلق غير متمايزة، تنشأ من هيفات الطبقة التحتية (الوسط الغذائى) (شكل ٤-٣-١-٣-٣).



(شكل ٤-٣-١-٣-٣) :
الجرثومة الزيجية للنوع
Coemansia majavensis



النوع النموذج *Coemansia reversa*

يضم هذا الجنس العديد من الأنواع ذات المترادفات العديدة والأنواع هى :

Coemansia aciculifera var. aciculifera
= C. aciculifera
? C. almaatensis
C. bainieri
= Martensella spiralis
= Coemansia spiralis
C. braziliensis
C. breviramosa
C. ceylonensis
C. erecta
(C. formosensis, recently described as C. furcata)
C. furcata
C. guatamalensis
C. interrupta
C. kamerunensis
C. linderi
=C. spiralis
C. mojavensis
C. pectinata
C. reversa
C. scorpoidea
C. spiralis
= C. nantahalensis
C. nantahalensis
C. thaxteri

قد تتواجد أنواع هذا الجنس فى الروث والتربة وبصورة أقل شيوعاً على الحشرات الميتة. يعد الجنس *Coemansia* هو أكثر الأجناس شيوعاً فى هذه الرتبة وهو أكبر أجناسها وبعض أنواعه شائعة الوجود مثل *C. aciculifera* والبعض الآخر نادر الوجود مثل النوع *C. mojavensis*.

الجنس *Dipsacomyces* الحوامل الإسبورانجية مقسمة، بسيطة أو متفرعة، المنطقة الخصبة مستقيمة لحد ما، تنشأ الأفرع الجرثومية جانبياً من الهيفا الخصيبة، حيث لا تتكون على القمة. الفرع الجرثومي عديد الخلايا، يكون الفياليدات الكاذبة على جانب واحد. الميراسبورانجيات وحيدة الخلية، طويلة - اهليلجية (شكل ٤-٣-١-٣-٤). ذات قمة مسحوبة.



(شكل ٤-٣-١-٣-٤): عديد من الميراسبورانجيات للنوع *Dipsacomyces acuminosporus*

يتكون ميراسبورانجيا واحد من كل فياليد كاذب، تنساب في قطرة سائل عند النضج. ولم يعرف جراثيم زيجية للجنس.

يضم الجنس نوعاً واحداً هو النوع *D. acuminosporus*. يستغرق تجرثم هذا النوع من ٥ إلى ٧ أيام، وقد يحدث في بعض أماكن المستعمرة وينشأ التجرثم من القاعدة لقمة الفرع الخصيب. يحدث النمو والتجرثم في حالة تنمية الفطر على الأوساط الغذائية الغنية ويعزل الفطر من التربة.

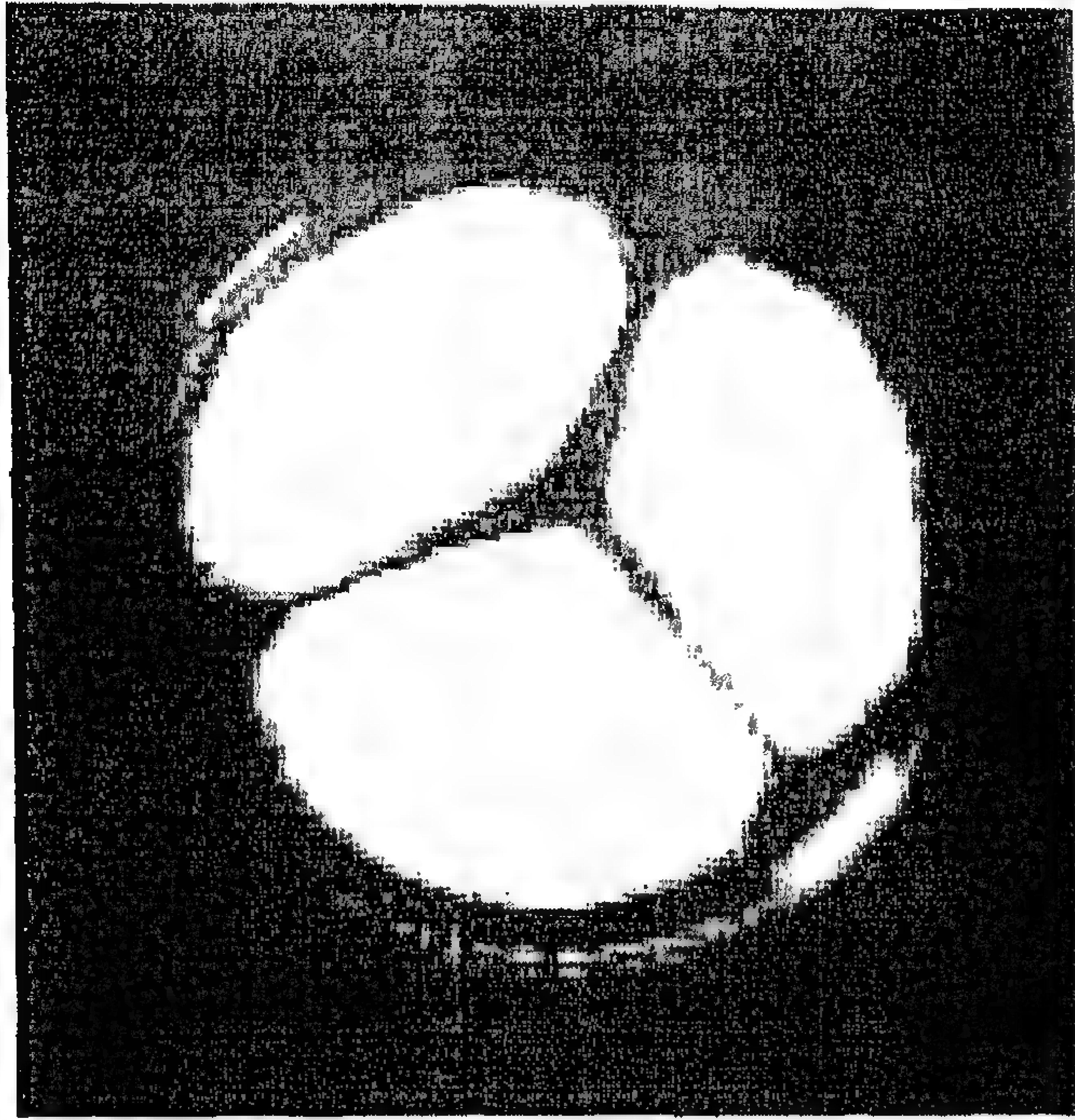
الجنس *Martensiomyces* الحوامل الجرثومية مقسمة، متفرعة. المنطقة الخصبة مستقيمة لحد ما إلى منحنية. تنشأ الأفرع الجرثومية بصورة خيمية وبالتتابع على قمة دورقية من فرع جانبى من الهيفات الخصبة والتى تنمو لتنتج الكثير من القمم العقيمة (شكل ٤-٣-١-٣-٥).



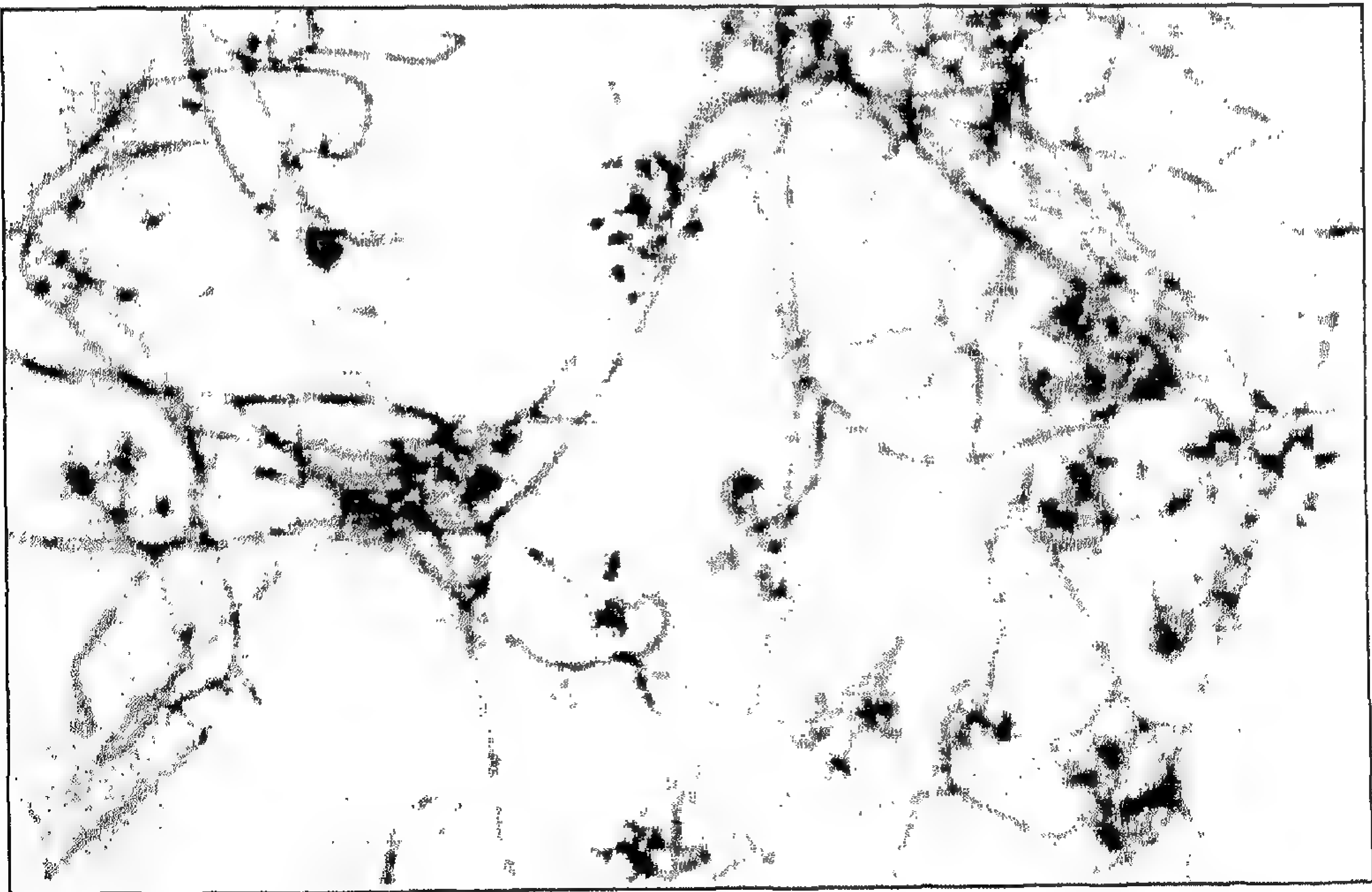
(شكل ٤-٣-١-٣-٥): فرع خصيب ناضج للنوع *Martnsiomyces pterosporus* يحمل عدة أفرع جرثومية.

الفرع الجرثومى متعدد الخلايا، يكون فياليدات كاذبة من السطح. الميروسبورانجيا وحيد الخلية. يتكون ميروسورانجيا واحد من كل فياليد كاذب، ينساب فى قطرة سائل عند النضج، لم يعرف للجنس جراثيم زيجية يضم الجنس نوعاً واحداً هو النوع *M. pterosporus*.

يعطى الفطر بنموه مستعمرات صفراء بطيئة النمو (شكل ٤-٣-١-٣-٦) ذات رؤس جرثومية متناثرة فى الهيفات الهوائية (شكل ٤-٣-١-٣-٧). يعد الوسط الغذائى YPSS هو الأفضل للتجرثم على درجة ٢٥°م، ويعزل النوع من التربة.



شكل (٤-٣-١-٣-٦) : ثلاث مستعمرات للفطر *Martensiomyces pterosporus*

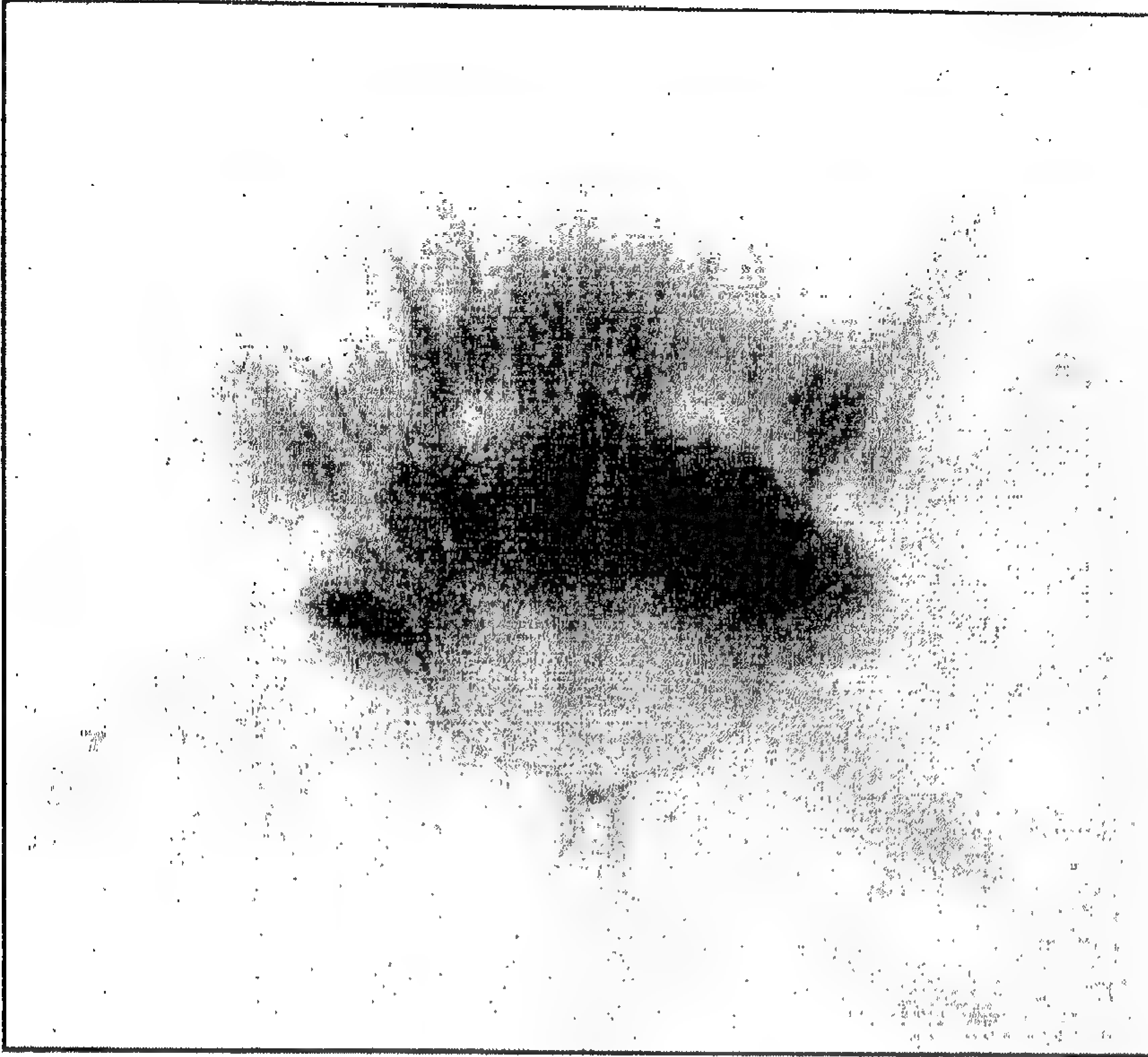


شكل (٤-٣-١-٣-٧) جزء من مستعمرة الفطر *Martensiomyces pterosporu*

الجـنس ***Linderina*** الحوامـل الإسـبورانجية مقسـمة، بسـيطة أو متفرعـة، المنطقـة الخصبة منثنية كالركبة إلى حد ما (شكل ٤-٣-١-٣-٨). تنشأ الأفرع الجرثومية على قمة الحامل الإسبورانجي وعند النضج ينشأ من جانب المنطقة الخصيبة مـع اسـتمرار نمـو القمـة الفرع الجرثومي وحيد الخلية، يعطى فياليدات كاذبة من السطح العلـوى (شـكل ٤-٣-١-٣-٩). الميروسبورانجيات وحيدة الخلية، ذات طرف مدبب مقلوب، ينشـأ واحـد فقـط مـن كل فياليد كاذب، تنسـاب فـى قطـرة مـن سـائل عنـد النضـج. لم يعـرف للجـنس جـراثيم زيجية.



(شكل ٤-٣-١-٣-٨) : قمة الحامل الإسبورانجي للنوع *Linderina pennispora* تحمل فرعين جرثوميين، كما توجد عدة ميروسبورانجيات

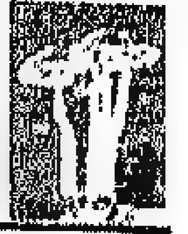


(شكل ٤-٣-١-٣-٩) : الفرع الجرثومي للنوع *Linderina pennispora* مغطى بالفياليدات الكاذبة والميروسبورانجيات. لاحظ وجود الحاجز العرضى والسدادة أسفل الفرع الجرثومى.

الجنس ***Spiromyces*** الحامل الإسبورانجى مقسم، بسيط، المنطقة الخصبة مستقيمة أو ملفوفة إلى حد ما. الفرع الجرثومى وحيدة الخلية، تنشأ على جوانب الحامل الإسبورانجى، جالسة أو معنقة، تكون ميروسبورانجيا. لا تتكون فياليدات كاذبة. الميروسبورانجيا وحيد الخلية، كروية إلى بيضاوية، جافة عند النضج. الجراثيم الزيجية كروية، الجدار ذو انخفاضات صغيرة، برتقالية — بنية شاحبة، المعلقات غير متمايزة.

يضم الجنس نوعان : *Spiromyces aspiralis , S. minutus*

أنواع هذا الجنس تعيش فى الروث، المستعمرات لا يزيد ارتفاعها عن ٠,٥مم، المستعمرات بطيئة النمو نسبياً، ويتسارع نموها على غيرها من الفطريات، تنمو نموذجياً



على آجار YGCH للنوع *S. minutus* وينمو النوع *S. spiralis* جيداً على آجارMEYE .

الجنس ***Spirodactylon*** الحوامل الإسبورانجية مقسمة، بسيطة أو متفرعة، المنطقة الخصبة ملفوفة تنشأ الأفرع الجرثومية فى قمة الحامل الإسبورانجى وعند النضج تنشأ من الجنب، وعلى داخل الملف للمنطقة الخصبة على قمة النمو. الأفرع الجرثومية متعددة الخلايا، تكون فياليدات كاذبة من السطح السفلى. الميروسبورانجيا وحيدة الخلية، إهليلجية متسعة، يتكون ميروسبورانجيا واحد من كل فياليد كاذب، ينساب جافاً عند النضج. الجراثيم الزيجية كروية لحد ما، هيفات المعلقات غير متمايزة، تتكون فى هيفات الطبقة التحتية. يضم الجنس نوعاً واحداً هو النوع *Spirodactylon aureum* عزل هذا النوع من الروث، وهو شديد الجمال، أصفر اللون، وبسبب لونه فيلاحظ بسهولة وسط غيره من الفطريات. النمو فقير فى المزارع، حتى عندما ينمو على وسط آجار YGCH. ويؤدى وجود الفطريات الملوثة فى المزرعة لتشجيع نمو الفطر. جراثيم الفطر منمنمة ذات أشواك.

الجنس ***Ramicandelaber*** الميسليوم يكوِّن هيفات جارية والتى تعطى أشباه جذور عند تلامس الطبقة التحتية. الحوامل الإسبورانجية مقسمة، تنشأ من أشباه الجذور، متفرعة، قد تشكل هيفات داعمة تنمو للطبقة التحتية وتعطى أشباه جذور. الأفرع الخصبة تتولد سواريا، تنتهى بقمة خصبة والتى تكون أو لا تكون حوصلية. الفرع الجرثومى وحيد الخلية، يعطى فياليد كاذب مفرد وسطياً وجانبياً. الفيالد الكاذب كروى إلى تحت كروى، الميرسبورانجيا مغزلية، يتكون ميروسبورانجيا واحد من كل فياليد كاذب ينساب فى قطرة من سائل عند النضج. الجراثيم الزيجية غير معروفة.

للجنس نوعان هما: *R. longisporus* , *R. brevisporus*

تعد أنواع هذا الجنس نموذجياً للفطريات الكيكزلية لأنها تكوِّن المعقد (فرع جرثومى –

فياليد كاذب – ميروسبورانجيا)، الحاجز العرضى ذو تجويف عديسى ويشتمل على سدادة، تنساب الجراثيم فى قطرة من سائل عند النضج. تعد الأنواع نموذجاً بسبب أنها تكون هيفات جارية وأشباه جذور ويعطى *R. brevisporus* أفرع داعمة تنمو لأسفل من الحامل الإسبورانجى وتنتهى بأشباه جذور عندما تلامس الطبقة التحتية.

أجرى تحليل لتتابعات 18S لكل من رتبتى *Harpellales* و *Kickxellales* وثبت أن أنواع *Ramicandelaber* تشكل غمامة ثالثة ومن المحتمل أن ذلك يوضح أن *R. longisporus* , *R. brevisporus* ينتميان لرتبة منفصلة. وقد عزل كلا النوعين من التربة.

الجنس ***Myconymphaea*** الحوامل الإسبورانجية مقسمة، بسيطة أو متفرعة، تظهر المنطقة الخصبة كحوصلة صغيرة فى القمة. الفرع الجرثومى وحيد الجرثومة، إلا أنه يتركب من خليتين، شكله يشبه الجرة، تنشأ عدة أفرع جرثومية من الحوصلة، الفياليدات الكاذبة تشبه الدورق يتكون عدة فياليدات كاذبة على قمة الفرع الجرثومى. الميروسبورانجيا وحيدة الجرثومة، مغزلية طويلة، من كل فياليد كاذب ينشأ عدة ميروسبورانجيات، تنساب فى قطرة سائل عند النضج. لم تعرف جراثيم زيجية. ينتمى لهذا الجنس نوعاً واحداً هو *M. yatsukahi*. وقد عزل من الحشرات الميتة.

الجنس ***Mycoemilia*** الحوامل الإسبورانجية مقسمة، بسيطة أو متفرعة، قائم أو متجه لأعلى، تتكون الجراثيم على حوصلة صغيرة على قمة كل فرع خصيب. الفرع الجرثومى يشبه الجرة الطويلة، ينشأ عدة أفرع جرثومية من كل حوصلة خصيبة. الميروسبورانجيا وحيدة الجرثومة، تشبه عظم الرسغ لحد ما، يتكون عدة ميروسبورانجيا على قمة كل فرع جرثومى، تتغطى بقطرة عند النضج. الجراثيم الزيجية كروية لحد ما، الجدار متآكل، يميل للون البنى، المعلقات غير متمايزة.

يضم الجنس نوعاً واحداً هو النوع *M. scoparia*، عزل من التربة المحتوية على حمارقّتان ميتة (حيوان قشرى أرضى متساوى الأرجل له جسم محدب ومقسم يمكنه من التكور عند الإقتراب منه) *Armadilidium vulgare*. ينمو الفطر ويتجرثم جيداً على عدة أوساط غذائية. الحاجز العرضى والسدادة من النمط الكيكزللى. يفتقر النوع إلى تكوين الفياليد الكاذب.

الجنس *Kickxella*

= *Coronella nivea* = *Coemansiella alabaslrina*

الهيفات مقسمة، الحوامل الإسبورانجية بسيطة أو متفرعة، ذات حوصلة طرفية تحمل سواريا أفرع جرثومية ثلاثية الخلايا. تتولد الفياليدات الكاذبة على السطح العلوى من الخليتين الداخليتين للفرع الجرثومى. الجراثيم الإسبورانجية مغزلية. الجراثيم الزيجية كروية لحد ما، تتولد على هيفات غير متمايزة. يضم الجنس نوعاً واحداً هو النوع *K. alabastrina*. يتجرثم النوع على آجار CMPY على درجة ٢٠°م، وتتكون الجراثيم الزيجية على درجة ٦-٧°م.

الجنس *Martensella* الحوامل الإسبورانجة مقسمة، بسيطة أو متفرعة، تنشأ الأفرع الجرثومية فى قمة الحامل الإسبورانجى وتتكون من جانب المنطقة الخصبة مع نمو القمة. الفرع الجرثومى متعدد الخلايا، يعطى فياليدات كاذبة من السطح السفلى. الميروسبورانجيا وحيدة الخلية، بيضاوية متطاولة إلى مغزلية، تتكون من كل فياليد كاذب ميروسبورانجيا واحدة، تنساب فى قطرة من سائل عند النضج. لم تعرف الجراثيم الزيجية.

يضم الجنس نوعان : *M. pectinata , M. corticii*

أنواع هذا الجنس متطفلات غير مماصية، يتطفل النوع *M. corticu* على الفطر *Corticium radiosum*. لم يمكن تنمية النوعان على أوساط غذائية.

الجنس *Pinnaticoemansia* الحوامل الإسبورانجية مقسمة، متفرعة، الأفرع الخصيبة مستقيمة لحد ما، تنشأ من هيفات جارية. الأفرع الجرثومية تتكون على الأفرع الخصبة، يتكون العديد من الأفرع الجرثومية متقابلة فى أزواج ويتكون فرع جرثومى واحد فى القمة. الفرع الجرثومى متعدد الخلايا، يكوّن فياليدات كاذبة على طول السطح. الميروسبورانجيات وحيدة الخلية، أهليليجية، ذات ثلاثة أكاليل طرفية. يتكون ميروسبورانجيا واحد من كل فياليد كاذب يشبه الدورق، تنساب فى قطرة سائل عند النضج. لم تعرف جراثيم زيجية. ينتمى للجنس نوعاً واحداً هو النوع *P. coronatispora*. ويتميز بصفته الغير عادية، حيث تتكون أغلب الأفرع الجرثومية فى أزواج يقابل بعضها البعض، كما يكوّن جرثومة ذات أكليل لذج. تبدوا الجراثيم ملتصقة مع بعضها البعض، وبعد الإنبات تتفكك مركزياً لتنتج مستعمرات والتى وصف على أنها تشبه الطوق تعد الترب المحتوية على روث حشرة المقص هى المصدر الأساسى لعزل الفطر.

٤-١-٣-٤ رتبة الاندوجونالات

Order Endogonales

تحتوى هذا الرتبة على فصيلة واحدة Family Endogonaceae، هذه الفصيلة لم تظهر فى المخططات التقسيمية للزيجومسيتات حتى عالج Fitzpattrik المجموعة عام ١٩٣٠م، وضمها الفطريات المكونة للثمار الجرثومية Sporocarpic taxa لأجناس *Endogon* , *Glaziella* , *Sclerocystis*, *Sphaerocreas*. وضع Gerdemann & Trappe عام ١٩٧٤م كتاب "The Endogonaceae of the Pacific Northwest" وضمنه سبعة أجناس.

الأجناس إما أن تكوّن ثمرة جرثومية تحتوى على الجراثيم الزيجية فقط

(Endogon – 11spp) أو اسبورانجيول (Modicella – 2spp) أو جراثيم كلاميدية (Glaziella-1sp , *Sclerocystis* – 4spp *Glomus* – 18spp) أو أن التراكيب التكاثرية لا تتكون فى ثمار جرثومية ولكنها تتكون حرة فى التربة كجراثيم كلاميدية (*Glomus* – 18spp) أو جراثيم لازيجية (*Aculospora*-2spp, *Gigaspora*-5ssp).

ويطلق على هذه الجراثيم – جراثيم لازيجية azygospores بسبب التشابه الشكلي مع الجراثيم الزيجية التى ينتجها أنواع جنس *Endogon*. أضيفت ثلاث أجناس أخرى إلى: *Endogonaceae* : *Entrophospora* , *Complexipes* , *Scutellospora* المنشق من جنس *Gigaspora* والذى اشتمل على ١٧ نوع عندماً أنشئ.

وضع Yae et al عام ١٩٩٦م جميع الأجناس السابقة عدا الأجناس *Sphaerocareas, Modicella, Massartia, Glaziella, Complexipes, Azygozygum* فى Endogonales ثم أضيف الجنسين *Youngiomyces, Sclerogone* عندما أنشئت شعبة Glomeromycota كشعبة يكوّن أفرادها ميكروهبزا داخلية مع جذور النباتات ضم إليها الأجناس *Acaulospora , Sclerocystis, Glomus, Gigaspora, Entrophospora* *Scutellospora*.

عرف أن عدة أنواع من جنس *Endogone*
[*E. aggregate, E. flammicorona, E. lactiflua, E. tuberose*]
وكذا *Sclerogone eucalypti* تكوّن ميكروهبزا خارجية، كما وجد أن النوع *Endogone pisiformis*، لا يكوّن ميكروهبزا خارجية، ولا تخترق هيفات الفطر الجذور ولكنها تنمو على طول سطح الجذر.

أمكن تنمية النوع *Endogone pisiformis* بنجاح على الأوساط الغذائية فى مزارع نقية مع إضافة الثيامين.

تضم الرتبة الآن أربعة أجناس: Peridiospora , Endogone , Youngiomyces, *Sclerogone*، وجميعها تعطى جراثيم زيجية ذات معلقات جانبية التموضع فى ثمرة جرثومية، ولم يوصف حتى الآن أية تراكيب تكاثرية أخرى لهم.

وفيما يلى مفتاح لأجناس الفصيلة الإندوجونية:

أ- تحتوى الثمرة الجرثومية على جرثومة زيجية واحدة *G.Peridiospora*

أأ- تحتوى الثمرة الجرثومية على عدة جراثيم زيجية..........................(ب)

ب- تحتوى الثمرة الجرثومية عادة على ٢-١٢ جرثومة زيجية أحياناً أكثر

G. Sclerogone

ب ب- الثمرة الجرثومية تحتوى العديد من الجراثيم الزيجية....................(جـ)

جـ- المعلقات متوازية، تتلامس على كل طولها *G. Endogone*

جـ جـ- المعلقات جانبية، لا تتلامس *G. Youngiomyces*

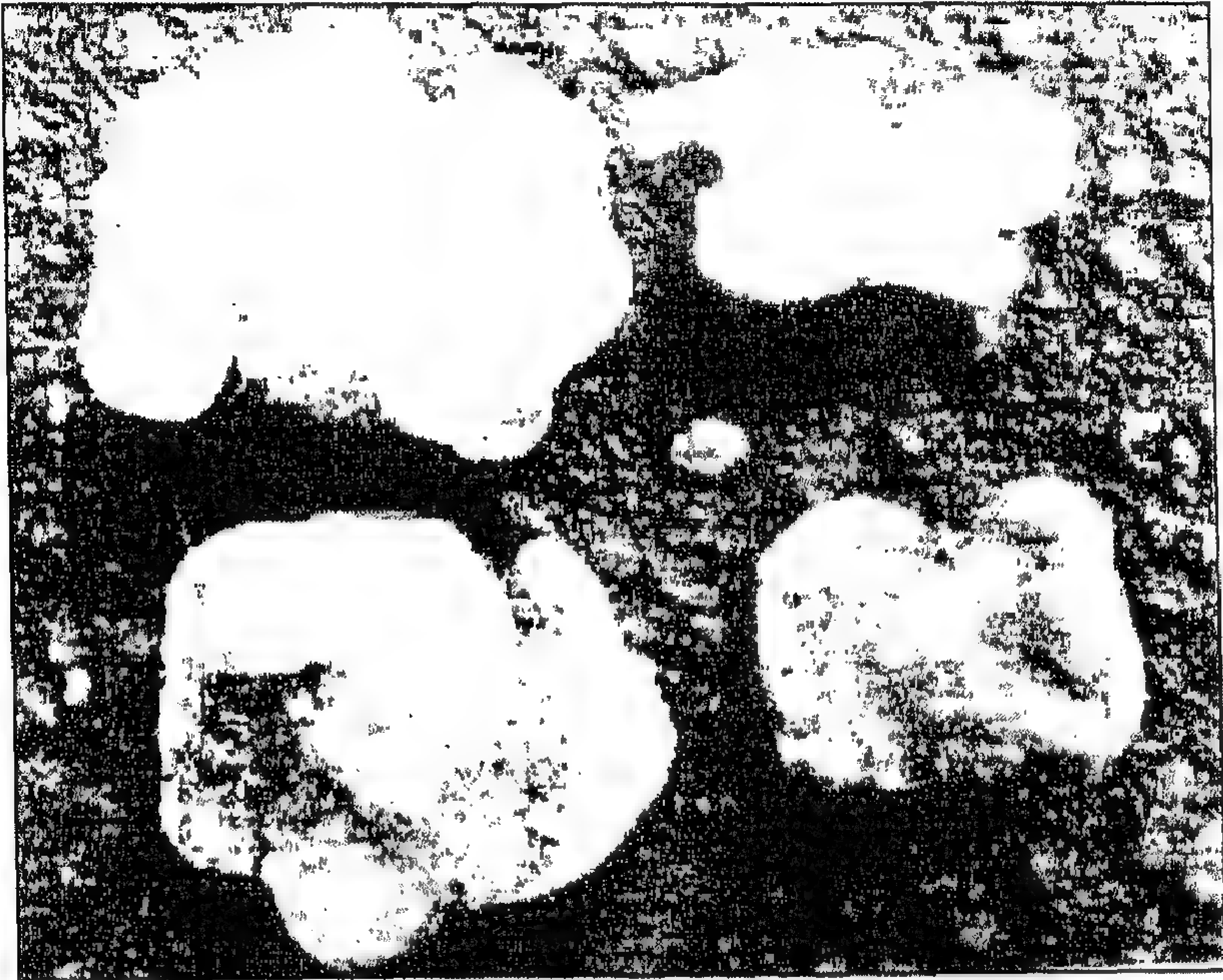
الجنس ***Endogone*** يضم الجنس *Endogone* ثلاثة عشرة نوعاً تعيش مترممات فى التربة أو تعطى ميكروهيزا مع جذور النباتات وعلى الأخص الصنوبريات. تتكاثر جميع الأنواع فقط بتكوين الجراثيم الزيجية والتى تتكون فى ثمار جرثومية. يوضح شكل (٤-٣-١-٤-١) الثمرة الجرثومية للنوع *Endogone pisiformis*، كما يوضح شكل (٤-٣-١-٤-٢) الثمرة الجرثومية للنوع *Endogone lactiflua*، كما يوضح شكل (٤-٣-١-٤-٣) الثمرة الجرثومية للنوع *Endogone flammicoronais*.



شكل (٤-٣-١-٤-١) الثمرة الجرثومية للنوع *Endogone pisiformis*

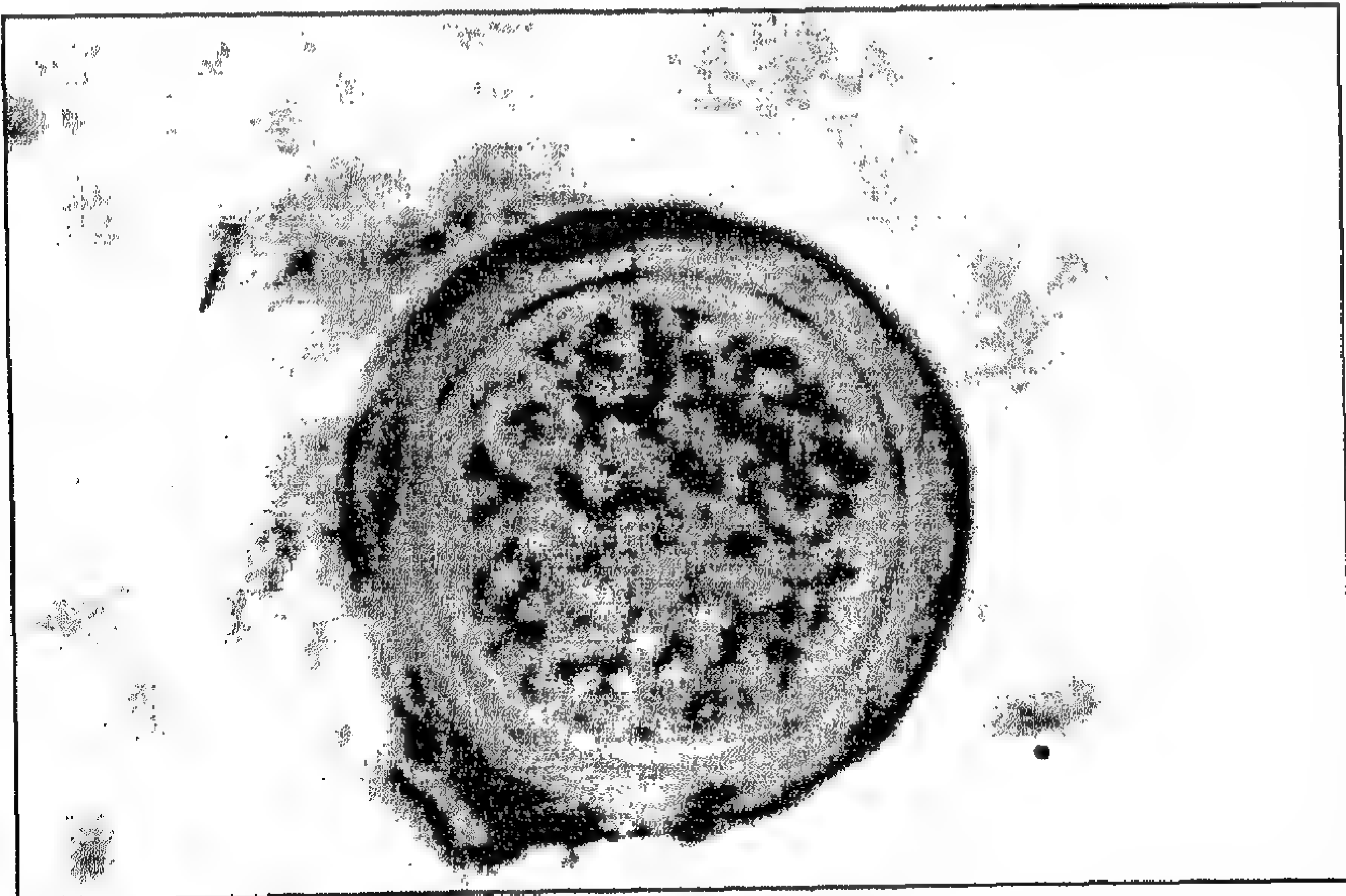


شكل (٤-٣-١-٤-٢) الثمرة الجرثومية للنوع *Endogone lactiflua* الأجسام الثمرية يصل طولها ١,٢٥سم. الجراثيم الزيجية قطرها ٢٠٠ ميكرومتر.



شكل (٤-٣-١-٤-٣) الثمار الجرثومية للنوع *Endogone flammicoronais* الثمار الجرثومية غير منتظمة الشكل – توجد مختلطة بالأخشاب المتساقطة الثمرة الأكبر يصل طولها إلى ٢,٥سم.

الحافظة الزيجية ملساء الجدار، تحتوى على جرثومة زيجية واحدة (شكل ٤-٣-١-٤-٤).



شكل (٤-٣-١-٤-٤) الجرثومة الزيجية للنوع *Endogone pisiformis* ذات جدار الحافظة الزيجية السميك وبقايا المعلقات.

المعلقات متوازية apposed ذات جدار عرضى واحد، وتتلامس على كل طول المعلق (شكل ٤-٣-١-٤-٥).

ينتمى الجنس *Endogone* الأنواع الآتية :

E. acrogena
E. alba
= *Sclerocytis alba*
E. flammicorona
E. incrassate
E. lactiflua
E. maritime
E. oregonensis
E. pegleri
E. pisiformis
E. pseudopisiformis
E. reticulate
E. tuberculosa
E. verrucosa

أمكن تنمية النوع *E. pisiformis* فى مزارع غذائية، وقد أمكن دفع الفطر لتكوين الثمرة الجرثومية على الأوساط الغذائية.



شكل (٤-٣-١-٤-٥):
الحافظة الزيجية فى النوع *Endogone pisiformis* حيث تظهر المعلقات المتوازية.

الجنس *Youngiomyces* تتكاثر أنواع هذا الجنس بالجراثيم الزيجية التي تتكون داخل ثمار جرثومية. الحافظة الزيجية ملساء الجدار إلى حد ما، تحتوى على جرثومة زيجية واحدة فقط. المعلقات متوازية من ٢ إلى ٤ ومتساوية لحد ما ذات جدار عرضي واحد، لا تتلامس المعلقات، المعلقات تتلاشى، الأنواع بعضها مترمم والآخر يكون ميكروهيزا خارجية.

يضم الجنس أربعة أنواع هي:

Youngiomyces aggregatus , Y. carolinensis , Y. multiples, Y. stratosus

عزل هذا الجنس عن الجنس *Endogone* لأنه يكون معلقين وأحياناً ٣ أو ٤ ومتمايزة.

الجنس *Sclerogone* يضم الجنس نوعاً واحداً هو *S. eucalypti*، يتميز بتكوين ثمرة جرثومية صغيرة، صلبة، تتشكل من هيفات محاكة محكمة سميكة الجدار، توجد بضعة جراثيم زيجية، المعلقات متقابلة وزائلة.

تحتوى الثمرة الجرثومية على ١ إلى ١٠ جراثيم زيجية، وللفطر مدى عوائلي واسع وأمكن تنميته على الأوساط الآجارية إلا أنه لم يتجرثم.

الجنس *Peridiospora*

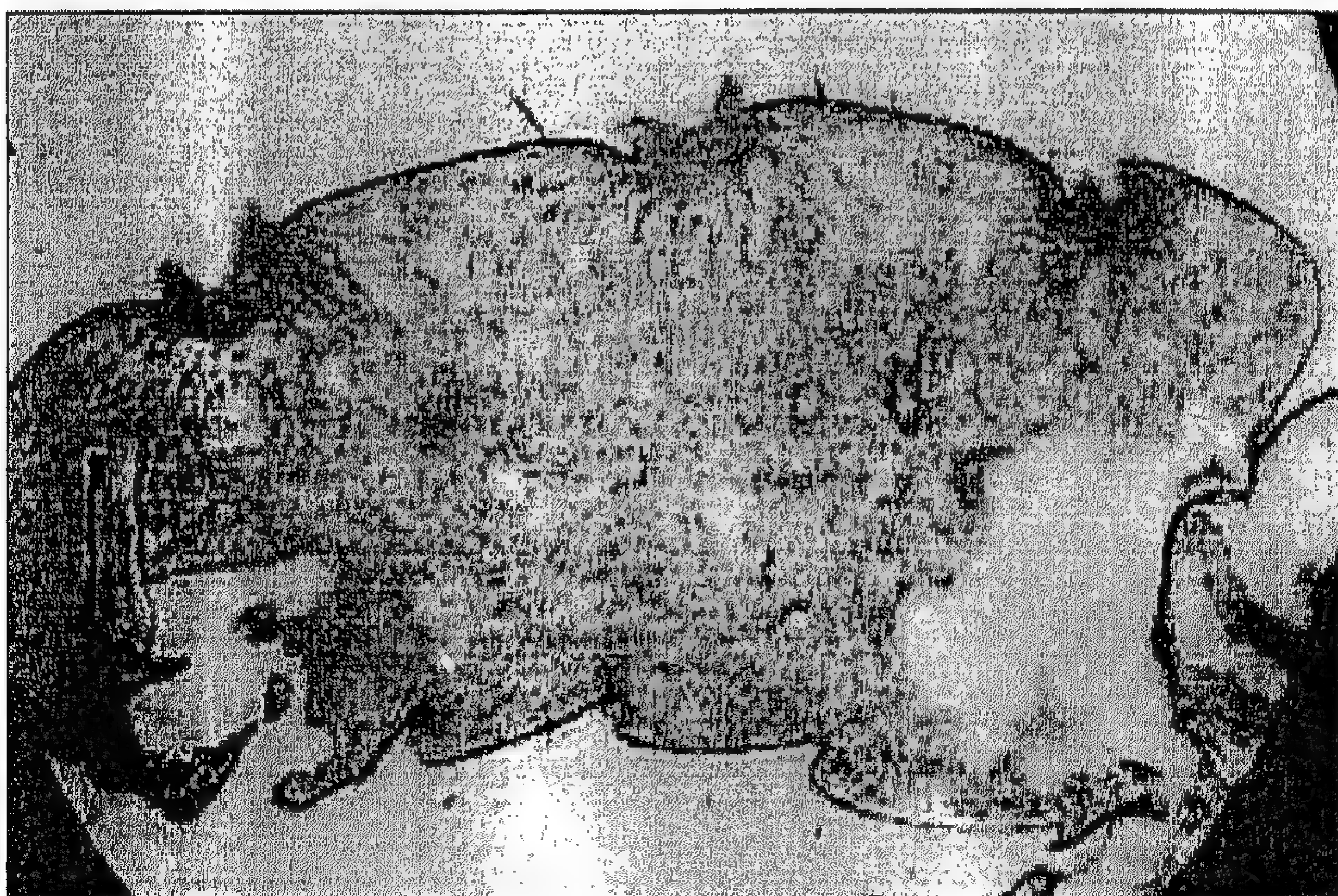
يضم الجنس نوعان: *Peridiospora tatachia , P. reticulate* تتركب الثمار الجرثومية من هيفات مفككة، تحتوى على جرثومة زيجية واحدة فقط كروية إلى بيضاوية، المعلقات متوازية، تتحد قمياً. تتكون الثمار الجرثومية مفردة أو فى عناقيد فى التربة أو الجذور، من المحتمل أن يكون ميكروهيزا خارجية. تنفرد أنواع هذا الجنس بتكوين جرثومة زيجية واحدة فى كل ثمرة جرثومية.

٤-٣-١-٥ رتبة الإنتموفثورات

Order Entomophthorales, 1893 = Order Ancylistales, 1930

تضم الرتبة، والتى دائماً ما فصلت عن الميوكورات - مجموعة من الفطريات ذات الأهمية البالغة يطلق عليها ممرضات الحشرات، بالإضافة فهى تضم كثير من الأنواع المترممة التى تعيش فى التربة وعلى بقايا النباتات والروث، كما يتطفل بعضها على الطحالب. يتطفل أحد أجناسها على الطور الجاميطى فى المخروطيات، كما أن بعضها يتطفل على الحلم والنيماتودا وغيرها من اللافقاريات.

تشير بعض الدراسات على وجود بضعة أنواع تعد متطفلات إختيارية على الكلاب والحصان والإنسان وغيرهم من الثدييات فى المناطق الدافئة. أحد الأنواع ذات الشكل الخمائرى يسبب مرضاً للثعابين. تقتل الأنواع المرضة عوائلها عن طريق تكاثر الميسليوم أو الخلايا الخمائرية فى كل جسم الكائن المريض (شكل ٤-٣-١-٥-أ).



(شكل ٤-٣-١-٥-أ) : قطاع طولى لذبابة منزلية وقد اتملأت تماماً بميسليوم الفطر *Entomphthora musca*

لا تتزايد التراكيب الجسدية للفطر بعد موت العائل ويصبح هدف الطفيل هو إعطاء الوحدات التكاثرية (شكل ٤-٣-١-٥-ب).

لم يصل أى من هذه المرضات لدرجة الإتزان البيولوجي مع عوائلها، أى ما يسمى بالتطفل الحياتى biotrophic parasitism.

يختلف نظام تعدد العوائل طبقاً لطبيعة التطفل، فالطفيليات الإختيارية متعددة العوائل، أما المرضات الإجبارية فهى غالباً ذات مجال عوائلى محدود، وقد تصل درجة التخصص لدرجة عالية جداً، حيث يتطفل الفطر على نوع واحد من العوائل. ونظراً لهذا التخصص الشديد ولسرعة فتكها بعوائلها، فقد استرعت الإنتباه لإمكانية استخدامها لمكافحة الحشرات على مستوى الحقل.



(شكل ٤-٣-١-٥-ب) : ذبابة منزلية مصابة بالفطر *Entomophthora musca* وقد ظهرت الوحدات التكاثرية للفطر حول الحشرة وعلى بعد منها.

ونظراً لأن هذه المجموعة من الفطريات ليست لها أطوار متحركة، فعادة ما تنطلق تراكيبها التكاثرية بقوة. إلا أن بعض الأنواع تنتشر تراكيبها التكاثرية سلباً، وذلك عن طريق التصاقها بأى جسم يحتك بها. وتعد أجسام مفصليات الأرجل هى الأكثر أهمية لإنتشارها.

الميسليوم فى أفراد هذه الرتبة – إذا ما وجد – فهو ليس كثيفاً، وقد يصبح مقسماً بجدر عرضية إلى أجزاء وحيدة أو عديدة الأنوية، والبروتوبلاست الجسدى هو الصفة الغالبة فيها. يميل الميسليوم فى بعض الأنواع للتجزؤ إلى تراكيب تسمى الأجسام الهيفية hyphal bodies، أما التكاثر اللاجنسى فبالكونيديات. وقد تأكد أن آلية تكوين الكونيديات فى هذه الرتبة يماثل لحد كبير طريقة تكوينها فى الأسكيات والبازيديومات. الحوامل الجرثومية متفرعة أو غير متفرعة، الجراثيم ذات نواة واحدة أو اثنين أو عدة أنوية. الجراثيم الساكنة عادة جراثيم زيجية. تنطلق الجرثومة الأولى التى تتكون من التراكيب الجسدية مباشرة بقوة. وقد افترض أن آلية الإنطلاق ترجع لحدوث زيادة فى الضغط التوترى فى الكونيدة أو فى جدار الحامل الكونيدى.

والطريقة الغالبة لإنطلاق الجراثيم هو إنقلاب الحلمة الموجودة على أعلا خلية الحلمة وذلك نتيجة لزيادة الضغط التوترى.

وإذا ما انطلقت الكونيدة الأولية، فإنها تنبت بتكوين أنبوبة إنبات، وإذا لم يتوافر الوسط المناسب، فبدلاً من تكوينها لأنبوبة إنبات تتكون جرثومة ثانوية. وقد تتشابه هذه الثانية مع الأولى شكلياً وفسيولوجياً، إلا أنها أصغر منها نسبياً. بعض الأنواع تنتج نوعاً آخر من الجراثيم الثانوية تسمى Capilloconidium وهى خلية متطاولة تتكون طرفياً على حامل كونيدى، رفيع، شديد الطول.

التقسيم

فى البدء وضعت جميع أنواع هذه الرتبة فى فصيلة واحدة هى Family Entomphthoraceae ثم أصبحت تضم فصيلتين هما Basidiobolaceae و Entomphthoraceae ثم ضم إليهم الفصيلة Ancylistaceae فأصبحت الرتبة تضم ثلاث فصائل، حتى وصل العدد إلى ستة فصائل Neozygitaceae, Meristacraceae, Entomophthoraceae , Completoriaceae , Basidiobolaceae, Ancylisttaceae، ثم أصبحت خمسة فصائل بعد أن تم إنشاء الرتبة Basidiobolales لتضم الفصيلة Basidiobolaceae وفى الوقت الحاضر تضم الرتبة خمسة فصائل وتستخدم الخصائص الآتية لتقسيمها إلى فصائل :

١- طريقة انفصال الاسبورانجيول.

٢- طريقة الارتباط الجاميطى (شكل الجرثومة الناضجة الساكنة).

٣- استجابة الأنوية للصبغ بصبغة aceto-orcein, bimark brown ووجود أو غياب النوية المركزية فى الاسبورانجيول الأولى.

٤- شكل الحوامل الكونيدية وأشباه الجذور.

٥- القدرة الإمراضية.

تعد صفات النواة Karylogy صفة اختبار فى تحديد الفصائل حيث يوجد ثلاثة أنماط:

١- الأنوية صغيرة نسبياً ذات كمية قليلة من الكروماتين الكثيف heterochromatin ونوية واضحة، ويصعب ملاحظتها :

(Entomophthorales , Neozygitaceae , Meristaceae , Ancylistaceae) .

٢- الأنوية كبيرة نسبياً، ذات كمية قليلة من الكروماتين الكثيف، نوية واضحة وغير

واضحة أثناء الإنقسام الميتوزى (Basidiobolales , Basidiobolaceae).

٣- الأنوية كبيرة نسبياً، ذات كمية كبيرة من الكروماتين الكثيف، لا توجد نويات، وتظهر النواة خلال الانقسام الميتوزى (Entomophthoraceae ومن المحتمل (Entomophthorales, Completoriaceae).

مفتاح لفصائل Order Entomophthorales

أ- الحامل الجرثومى ذات حوصلة تمتد تحت الجرثومة، الجاميطات، إذا تواجدت، ذات خلية مساعدة تشبه المنقار، محتويات الجرثومة الثانوية والهيفات الجسدية فى بعض الأنواع قد تنقسم لتعطى بروتوبلاستات صغيرة (تبدو عديدة الجراثيم)، جميع الخلايا وحيدة النواة. الأنوية كبيرة، يزيد طولها عن ١٠ ميكرومتر، ذات نوية مركزية واضحة، لا تصطبغ فى aceto-orcein

Basidiobolaceae (Basidiobolales)

أأ- الحوامل الجرثومية بدون حوصلة تحت جرثومية، الجاميطات، إذا تواجدت، دون خلية مساعدة. لا تعطى الجراثيم والميسليوم تركيب داخلى يشبه البروتوبلاست، ليست كل الخلايا وحيدة النواة. الأنوية صغيرة، أغلبها أقل من ١٠ ميكرومتر طولاً......(ب)

ب-الأنوية متباينة، ٢-١٥ ميكرومتر فى الطول خلال الطور البينى، ذات كمية كبيرة من الكروماتين الكثيف (تصطبغ جيداً بصبغة aceto-orcein وصبغة Bismark Brown، النويات ليست واضحة، تبقى النويات واضحة أثناء الانقسام الميتوزى

Entomophthoraceae (Entomophthorales)

ب ب- ليست كما سبق..(جـ)

جـ- الأنوية كبيرة نسبياً، يبدو البلازم النووى محبباً (يتكاثف الكروماتين فى الطور البينى) ؛ الحوامل الكونيدية قصيرة غير متفرعة، تنشأ من خلايا خضرية، تكوّن

الخلايا الكونيدية كونيديا، وحيدة الجدار، شفافة، تنطلق بقوة عن طريق انقلاب الحلمة، متطفلات إجبارية بين خلوية على الجاميطات المخروطيات

Family Completoriaceae

جـ جـ- يتراوح طول الأنوية من ٢ إلى ٥ ميكرومترات، ذات كمية قليلة من الكروماتين الكثيف (لا تصطبغ بالصبغات السابق ذكرها، النويات واضحة، الأنوية عادة غير واضحة أثناء الإنقسام الميتوزى، تتغطى الجرثومة بسائل، مترممات أو متطفلات على الحشرات، أو على طحالب المياه العذبة أو لا فقاريات التربة......................(د)

د- الحوامل الكونيدية قائمة، يحمل كل منها عدة كونيديات، متطفلات على لا فقاريات (النيماتودا واللافقاريات المجهرية)

Family Meristacraceae

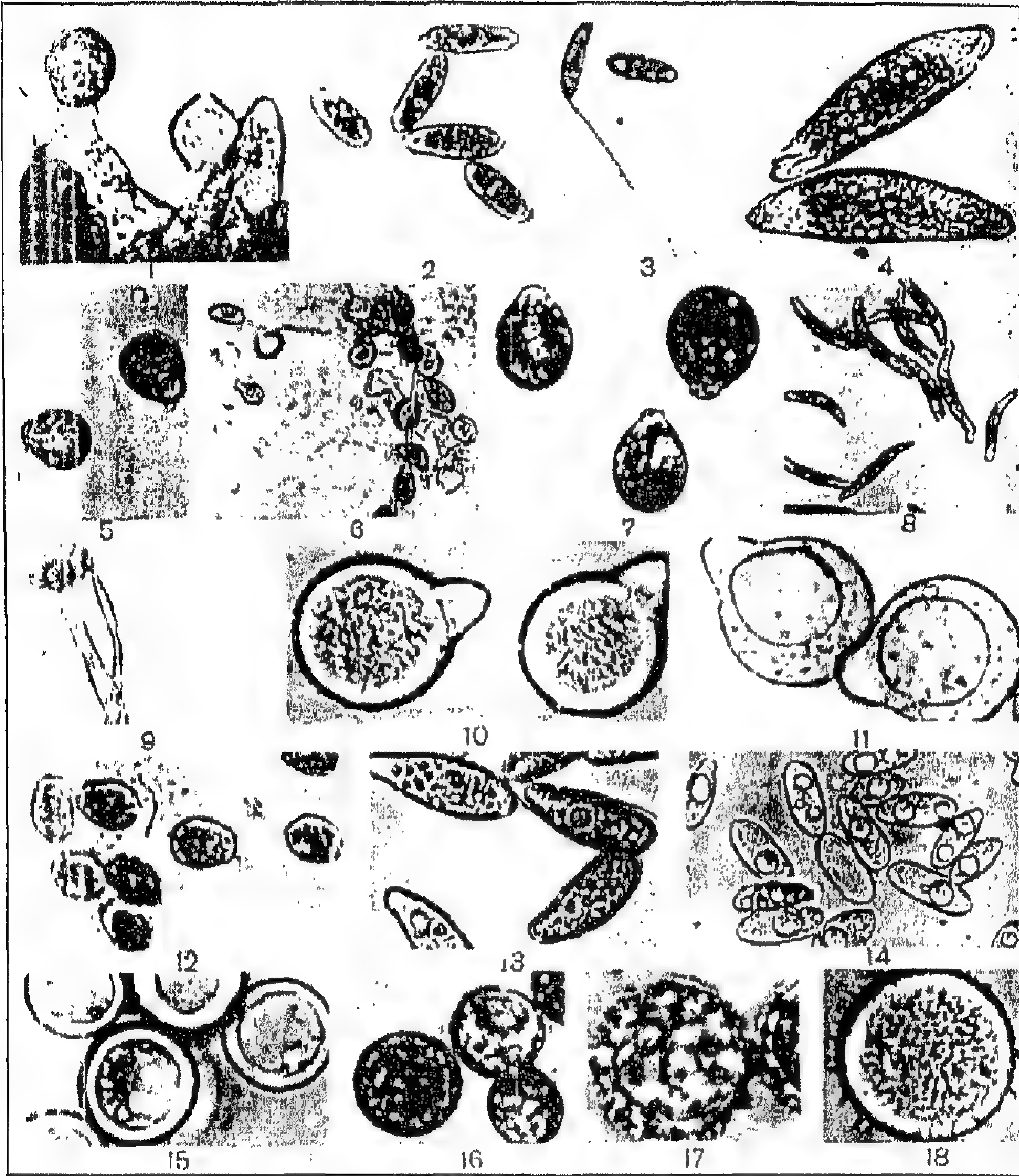
دد- الحوامل الكونيدية عادة غير متفرعة، تتولد الكونيديا طرفياً، مترممات أو متطفلات على الحشرات أو لافقاريات التربة أو على طحالب المياه أو تسبب إصابات فطرية للإنسان..هـ

هـ- الجراثيم (الكونيديات، الجراثيم الزيجية) تميل لأن تكون ميلانينية (رمادية شاحبة إلى سوداء اللون)، تتبرعم الجراثيم الزيجية من نقطة الارتباط لهيفاتين جسديين، متطفلات إجبارية على الحلم والحشرات (على الأخص Homoptera)

Family Neozygitaceae

هـ هـ- جميع الجراثيم شفافة، تنشأ الجراثيم الزيجية كنتيجة للارتباط بين الخلايا الهيفية المتجاورة أو إرتباط سلمى بين هيفاتين، مترممات أو متطفلات إجبارية على طحالب الديزميدات، أو لافقاريات التربة أو ممرضات إختيارية للحيوانات

Family Ancylistaceae



شكل (٤-٣-١-٥-١) : الجراثيم الكونيدية والساكنة فى الفطريات الانتوموفثورية

١- الفطر *Entomophthora muscae*.   ٢- *E. sphaerosperma*

٣- نفس الفطر الجراثيم الكونيدية، وقطرة الجرثومة الكونيدية النابتة

٤- الفطر *E. rhyzospora*.   ٥- *E. fresenu*.

٦- نفس الفطر والجرثومة الثانية.

٧،٨- كونيديات الفطر *E. conica, E. grilli*

٩- جذيرات الفطر *E. apiculata*

١٠:١٤- كونيديات *E. thaxteri, E. coronata , E. aphidis , E. culicis*

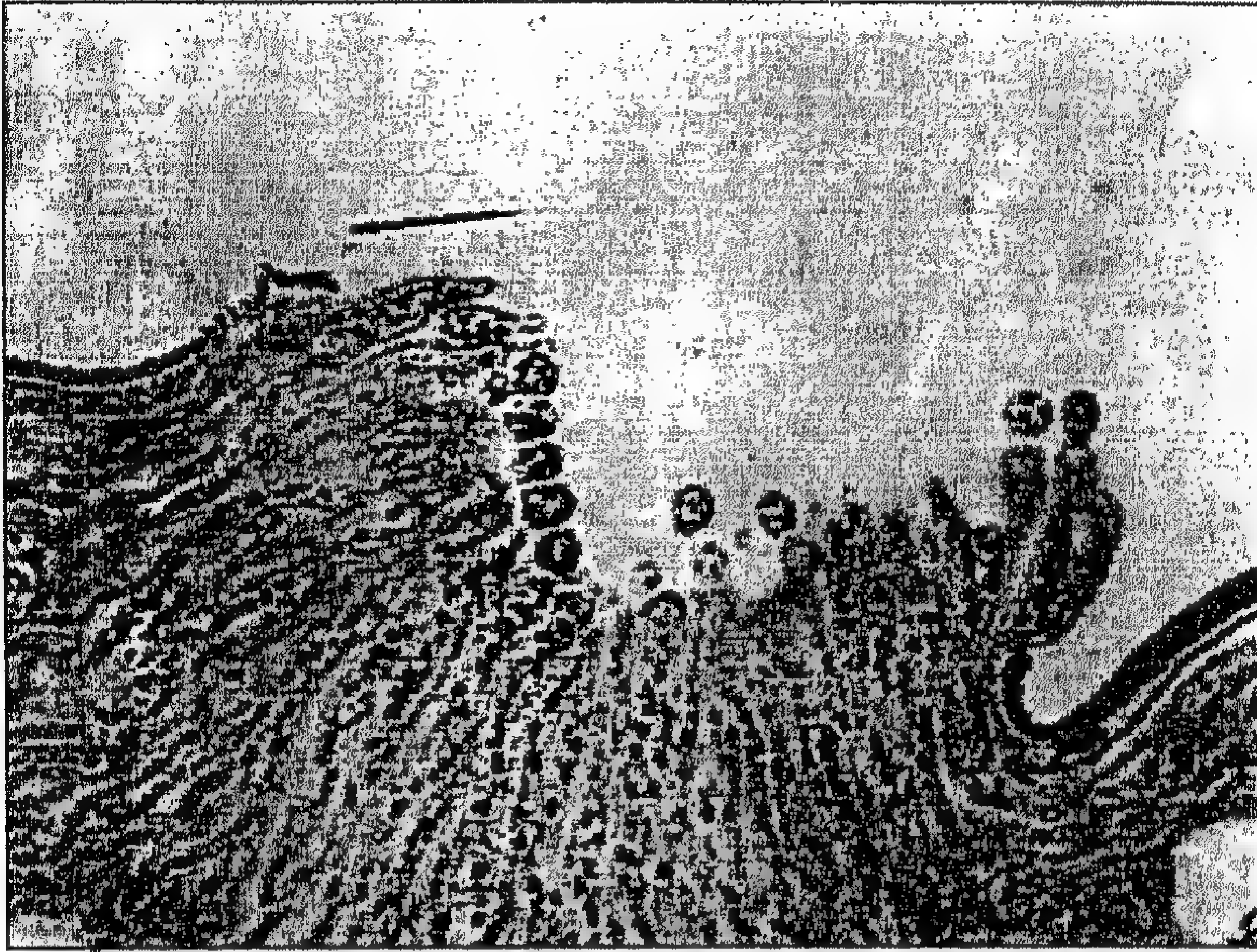
١٥:١٨- الجراثيم السـاكنة للفطر *E. sphaerosperma, E. fresenii, E. thaxteri, E. coronata, E. echinospora*

٤-٣-١-٥-١ الفصيلة الإنتوموفثورية

Family Entomophthoraceae

هذه الفصيلة هى الأكبر فى رتبة الأنتوموفثورات، حيث تضم أثنى عشر جنساً، متطفلات إجبارية على الحشرات، يتركب الثالوس من هيفات جيدة التحديد أو من أجسام هيفية أو من بروتوبلاست عار الجدار. الحوامل الجرثومية متفرعة أو غير متفرعة. الجراثيم وحيدة أو ثنائية الجدار، تنتثر سلباً أو إيجابياً عن طريق انقلاب الحلمة أو بتدفق وقذف السيتوبلازم. الجراثيم الساكنة زيجية أو لازيجية، جانبياً أو طرفياً، غالباً ما تتكون فى ما يشبه البرعم، جالسة تقريباً أو معنقة من نمو ناتئ من أحد أو من الخليتين المتزاوجتين أو من الأجسام الهيفية. يتراوح طول الأنوية من ٥ إلى ١٢ ميكرومتر، تفتقر إلى نوية، يصطبغ الكروماتين الكثيف فى صبغتى bimark brown , aceto-orcin، عادة فى سلسلة مفردة، يبقى واضحا أثناء الإنقسام الميتوزى، الكروموسومات واضحة خيطية طويلة.

يعد الجنس *Entomophthora* (شكل ٤-٣-١-٥-١) هو الأكثر شهرة فى هذه الفصيلة. قد يعطى الميسليوم أجسام هيفية، كل منها قادر على تكوين حامل كونيدى يحمل جرثومة أو أكثر عند النضج (شكل ٤-٣-١-٥-٢).



شكل (٤-٣-١-٥-٢) قطاع فى ذبابة مصابة بالفطر *Entomophthora musca* يظهر الجراثيم المتكونة فى قمة الحامل الجرثومى.

تطلق الجرثومة بقوة من حواملها. النوع الزائع الصيت هو *E. musca* والذى يعرف بفطر الذباب، حيث يظهر على الأجساد الميتة لذبابة المنزل وذلك على الزجاج فى الأماكن المهملة من النظافة. وإذا ما فحصت ذبابة ميتة يلاحظ وجود حلقة بيضاء تحيط بها وتحتوى الحلقة على عدد هائل من الكونيديات. الكونيديا مغطاة بمادة مخاطية وتلتصق بأى سطح يقابلها. وإذا ما لامست هذه الكونيدا ذبابة أخرى، فسرعان ما تنبت بتكوين أنبوبة إنبات، تخترق الطبقة الكيوتينة للذبابة، تتفرع داخلها وتقتلها خلال أسبوع (شكل ٤-٣-١-٥-٣) أما الكونيدة التى فشلت فى التواجد على السطح المناسب لنموها، فتعطى جرثومة ثانوية، وهذه تطلق بقوة أيضاً، وتتكرر عملية تكوين الجراثيم عدة مرات حتى يستنفذ البروتوبلازم فى الجيل الثالث أو الرابع.

بالإضافة لجنس *Entomophthora* تضم الفصيلة الأجناس:

Completoria , Tarichium , Strongwellsea , Neozygites , Massospora , Macrobiotophthora , Erynia , Entomophaga.

وفيما يلى مفتاح لتعريف أجناس هذه الفصيلة :

أ- لا تتكون كونيديات، يتم التكاثر بالجراثيم الساكنة فقط

G. Tarichum

أ أ – تتكون كونيديات، قد تتكون أو لا تتكون جراثيم ساكنة..............(ب)

ب- لا تنطلق الجراثيم الكونيدية بقوة، يحدث انتشار الجراثيم كنتيجة لتكسر بطن *Gregarius cicadas*

G. Massospora

ب ب- تنطلق الجراثيم بقوة، يتطفل على حشرات أخرى خلاف *Gregarius cicades*...(جـ)

جـ- الكونيديا عديدة الأنوية وحيدة الجدار لا ينفصل جدار الجرثومة الخارجي عن الطبقة الداخلية عندما تغمر الجرثومة فى البيئة السائلة............................(هـ)

جـ جـ- الكونيديا وحيدة النواة أو ثنائية الأنوية (ينفصل جدار الجرثومة الخارجي عن الطبقات الداخلية عندما تغمر فى بيئة سائلة)................................(هـ)

د- الكونيديا كروية إلى تحت كروية، غالباً تتولد على امتداد ضيق للحامل الكونيدى، ممرضات للـ Homoptera, Hemiptera وعلى غيرهم من الحشرات فى المناطق الرطبة (٥ أنواع)

G. Batkoa

دد- الكونيديا ذات أشكال مختلفة وذات حلمة، لا يتكون امتداد ضيق للحامل الكونيدى، ممرضات لحشرات مختلفة..(و)

و- الكونيديا تأخذ شكل الجرس، الحلمة تشبه شبه المنحرف، تطلق الجرثومة عن طريق المدفع الفطرى (١٠ أنواع)

G. Entomophthora

وو- الكونيديا لا تشبه الجرس، الحلمة بارزة، تنتثر الكونيديا بواسطة انقلاب الحلمة..(ز)

ز- الكونيديا عادة كروية إلى كمثرية الشكل، عديدة الأنوية، الحامل الكونيدى بسيط،



تتكون جراثيم ساكنة (١٠أنواع)

G. Entomophaga

زز- الكونيديا مغزلية إلى بيضاوية - اسطوانية الشكل، ذات ٤-١٢ نواة، الحوامل الكونيدية بسيطة أو متفرعة، لم تعرف جراثيم ساكنة (٣ أنواع)

G. Eryniopsis

هـ- الحوامل الكونيدية تشكل طبقة خصيبة، تنتثر الكونيديات خلال ثقب فى بطن العائل (الذباب)

G. Strongwellsea

هـ هـ- ليست كما سبق..(ح)

ح- الكونيديا الأولية بيضاوية إلى مغزلية............................(ط)

ح ح- الكونيديا الأولية متطاولة.......................................(ك)

ط- أشباه الجذور والأكياس العقيمة يتراوح سمكها من ٢-٣ سمك الحوامل الكونيدية

G. Pandora

ط ط- أشباه الجذور والأكياس العقيمة ليست أسمك من الحوامل الكونيدية (١٢ نوع)

G. Furia

ك- أشباه الجذور ذات عضو تثبيت، لا توجد أكياس عقيمة أو تتكون على أعلا من الحوامل الكونيدية

G. Zoophthora

ك ك- أشباه الجذور ذات أعضاء تثبيت أو بدون أعضاء تثبيت، تنمو الأكياس العقيمة جيداً فوق الطبقة الخصيبة..(ل)

ل- الحوامل الكونيدية غير متفرعة، الأكياس العقيمة ضعف سمك قطر الحوامل الكونيدية أو أكثر

G. Erynia

ل ل- الحوامل الكونيدية تشبه الأصابع فى تفرعها، الأكياس العقيمة أعرض قليلاً من قطر الحامل الكونيدى

G. Orthomyces

شكل (٤-٣-١-٥-٣): مراحل تطور والشكل المورفولوجي في الفطر *Entomophthora*

تابع شكل (٤-٣-١-٥-٣):

١- جرثومة كونيدية نابتة. ٢- الجسم الهيفى

٣- تكوين Azygospore

٤- تكوين الجرثومة الزيجية فى الفطر *Entomophthora sepulchalris*

٥- الجرثومة الساكنة فى الفطر *E. echinosper*

٦- الجرثومة الساكنة فى *E. rhizospora*

٧- الجرثومة الساكنة فى *Sarcophaga aldrichi*

٨- الجرثومة الساكنة فى المزارع العميقة.

٩- الهيفات فى جسد العائل.

١٠- الحوامل الكونيدية وتكوين الجراثيم الكونيدية.

١١- رايزويد يلتصق بسطح العائل.

١٢- نهاية حامل كونيدى والكونيديا.

١٣- جرثومة مقذوفة.

١٤- إنبات جرثومة كونيدية.

١٥- تكوين الجرثومة الثانوية.

١٦- انفصال الجرثومة الكونيدية.

١٧- أنواع مختلفة من الكونيديات.

٤-٣-١-٥-٢ الفصيلة الأنسيليسترية

Family Ancylistaceae

تضم الفصيلة حالياً ثلاثة أجناس: *Macrobiotophthora, Ancylistes, Conidiobolus*.

اعتقد أن الجنس *Ancylistes* هو أحد الفطريات الطحلبية Phycomycetes المائية، ثم وضعه Fitzpatrick عام ١٩٣٠ فى رتبة منفصلة هى رتبة Ancylistales مع فطريات أخرى وضعت مؤخراً فى رتبة Lagenidiales (Oomycetes). اكتشف Barden عام ١٩٣٨ أن الجنس *Ancylistes* يقذف اسبورانجيولاته وحيدة الجرثومة بقوة، تشبه ذلك الذى يحدث فى الجنس *Conidiobolus*، ومع حدوث اختلافات فى عدد أجناس هذه الفصيلة إلا أنه استقر الآن على أنها تضم الثلاثة أجناس السابق الإشارة إليها، حيث أنها

جميعاً تطلق اسبورانجيولاتها بقوة عن طريق إنعكاس الحلمة. يميل الجنسين *Ancylistes* و *Conidiobolus* لإنتاج الجراثيم الزيجية فى خط مع الجاميطات المتباينة شكلاً إلا أنه يصعب القول أنها تمتاز بخواص الجراثيم الساكنة.

فطريات هذه الفصيلة مترممات أو متطفلات على النباتات أو الحيوانات، الميسليوم غير مقسم أو مقسم بدون نظام. الحوامل الجرثومية غير متفرعة أو نادرة التفرع، يعطى كل حامل جرثومة كونيدية واحدة. الجراثيم وحيدة الجدار، تنساب بقوة عن طريق الانقلاب الحلمى. الجراثيم الساكنة عادة زيجية تنشأ من تلامس الجاميطات لخلايا هيفات متجاورة، تتكون في محاور الهيفات أو فى أنبوبة الإقتران، الأنوية صغيرة ذات نوية واضحة وتفتقر إلى الكروماتين الكثيف، يصعب مراقبة الأنوية أثناء الانقسام الميتوزى.

يضم الجنس *Ancylistes* ثلاثة أنواع، تهاجم الطحالب الديزميدية. أما الجنس *Conidiobolus* فهو الأكبر فى هذه الفصيلة حيث يضم ٢٢ نوع. النوع الشائع الإنتشار هو *C. coronatus*، حيث يكثر وجوده فى التربة، ويمكن تنميته على الأوساط الغذائية بسهولة، كما يوجد متطفلاً على الحلم والمن وبصورة نادرة يصيب الثدييات ومنها الكلاب والحصان والإنسان، الجراثيم الأولية تتميز بوجود زوائد تشبه الشعر. تعطى الجرثومة الأولية كونيديات صغيرة عديدة microconidia، تنبت بتكوين أنبوبة إنبات فى وجود وفرة من المغذيات وعلى الأخص الجلوكوز.

وفيما يلى مفتاح لتعريف أجناس هذه الفصيلة:

أ- الجراثيم بيضاوية ذات قاعدة عريضة، الجراثيم الساكنة ذات زوايا، متطفلات على لا فقاريات مجهرية tardigrades أو النيماتودا (نوعان)

G. Macrobiotophthora

أ أ- الجراثيم كروية إلى بيضاوية، القاعدة مخروطية إلى حلمية الشكل، الجراثيم الساكنة كروية إلى أهليلجية متسعة، مترممات أو متطفلات على الحيوانات خلاف النيماتودا والدوارات...(ب)

ب- متطفلات على الطحالب الديزميدية، أغلبها يصيب عن طريق الجراثيم قوية الانتشار أو بالتلامس مع الحوامل الجرثومية غير محدودة

G. Ancylistes

ب ب- مترممات أو متطفلات عرضياً على الفقاريات أو الحشرات، يصاب العائل عن طريق الجراثيم المنتثرة بقوة، الحوامل الجرثومية محدودة

G. Conidiobolus

٤-٣-١-٥-٣ الفصيلة الميريستاكرية

Family Meristacraceae

نقلت الأجناس *Zygnemomyces, Meristacrum, Ballocephala* من الفصيلة Ancylistaceae إلى الفصيلة الميريستاكرية ذلك لأن أنواع هذه الفطريات تنتج حامل كونيدى قائم، بسيط يحمل عدة كونيديات. أفراد هذه الفصيلة متطفلات على الحيوانات اللافقارية فى التربة. الميسليوم فى عائله مغطى بجدار. فى البدء مدمج خلوى، ثم تنشأ الجدر العرضية ثم تتفكك الخلايا. الحوامل الكونيدية بسيطة، تحمل عدة كونيديات تنتثر بانقلات الحلمة، أو بانسياب سائل من الخلية التحتية المنتفخة أو سلباً من نتوء قصير. الجراثيم الساكنة (الزيجية) تنشأ نتيجة لتزاوج خلايا هيفية متجاورة. الأنوية صغيرة (٣-٥ ميكرومتر) ذات نوية مركزية واضحة ولا يوجد كروماتين كثيف، يصعب رؤية الأنوية أثناء الانقسام الميتوزى. يوضح كل (٤-٣-٥-٣-١) شكل الجنس *Ballocephala*.

مفتاح مبسط لأجناس الفصيلة Meristacraceae

أ- الحامل الجرثومى غير مقسم..................................(ب)

أأ- الحامل الجرثومى يصبح مقسماً عرضياً (نوعان) *G. Meristacrum*

ب- الحامل الجرثومى خلية واحدة، الجراثيم ذات نتوء لا تطلق بقوة، متطفلات على النيماتودا (نوعان) *G. Zygnemomyces*

ب ب- الحامل الجرثومى يعطى نموات خارجية جانبياً مقسمة القاعدة، منتفخة تحمل جراثيم مفردة، والتى تطلق بقوة، متطفلات على حيوانات التربة الدقيقة (٣ أنواع) *G. Ballocephala*

٤-٣-١-٥-٤ الفصيلة الكومبليتورية

Family Completoriaceae

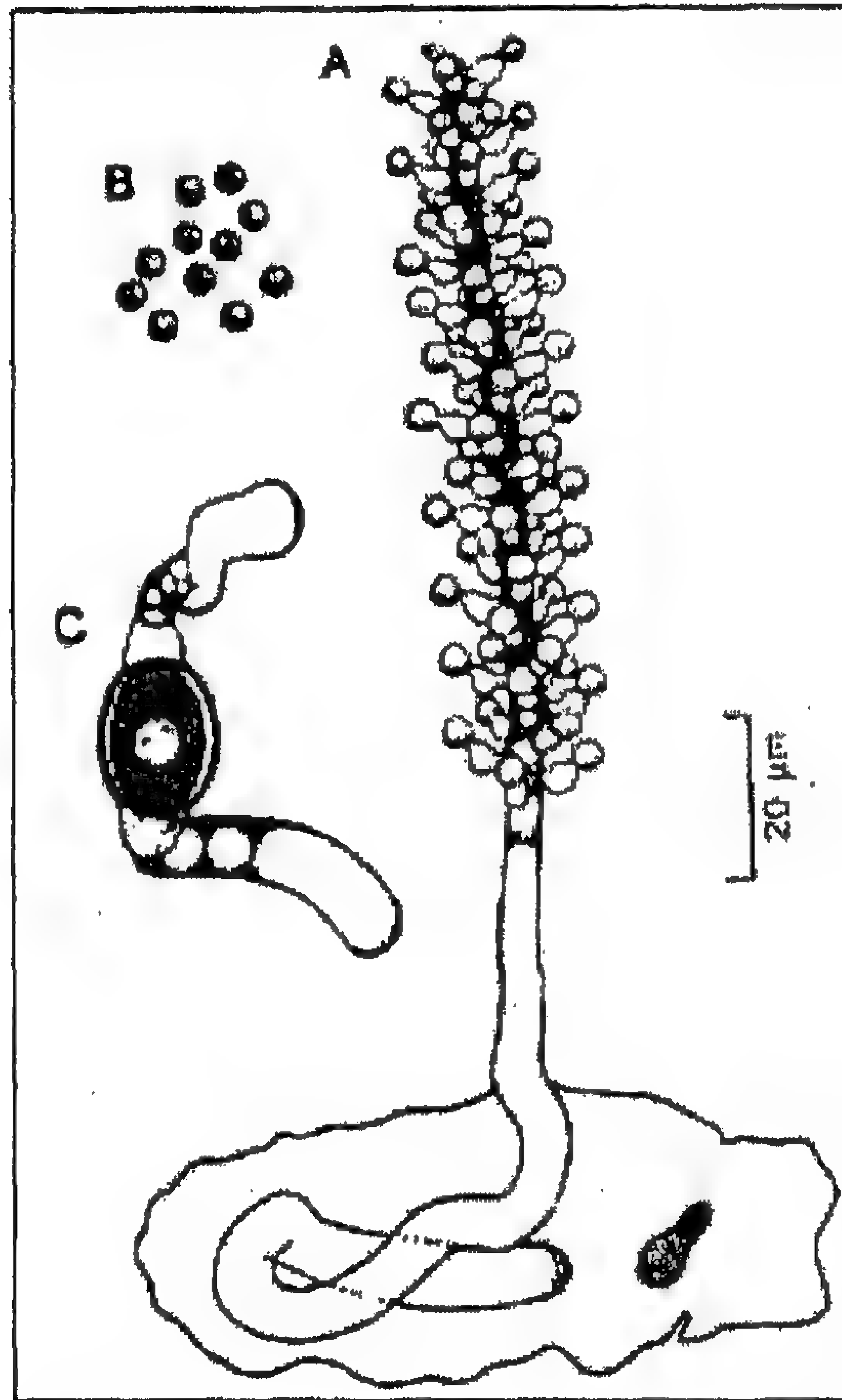
تضم الفصيلة جنساً واحداً هو الجنس *Completoria* ويضم بدوره نوعاً واحداً هو فطر نادر. متطفل إجبارى على الطور الجاميطى للمخروطيات، التراكيب الجسدية هى أجسام هيفية غير منتظمة والتى تفتقر للجدار الخلوى. الحوامل الكونيدية قصيرة، غير متفرعة، تنشأ مباشرة من الخلايا الجسدية بدون خلية كونيدية. الجرثومة الكونيدية وحيدة الجدار، كروية لحد ما ذات حلمة مستديرة، تنطلق بواسطة إنقلاب الحلمة. الجراثيم الساكنة كروية، تنشأ فى محاور الخلية المولدة.

٤-٣-١-٥-٥ الفصيلة النيوزيجيتية

Family Neozygitaceae

لفترة طويلة وضع الجنس *Neozygites* فى الفصيلة الإنتوموفثورية، إلا أنه بسبب تكوينه لجراثيم ميلانينية والطبيعة التى تنشأ بها الجراثيم الزيجية استدعت إنشاء هذه الفصيلة لتضم هذا الجنس والجنس الجديد *Thaxterosporium*. وقد أنشأ هذه الفصيلة

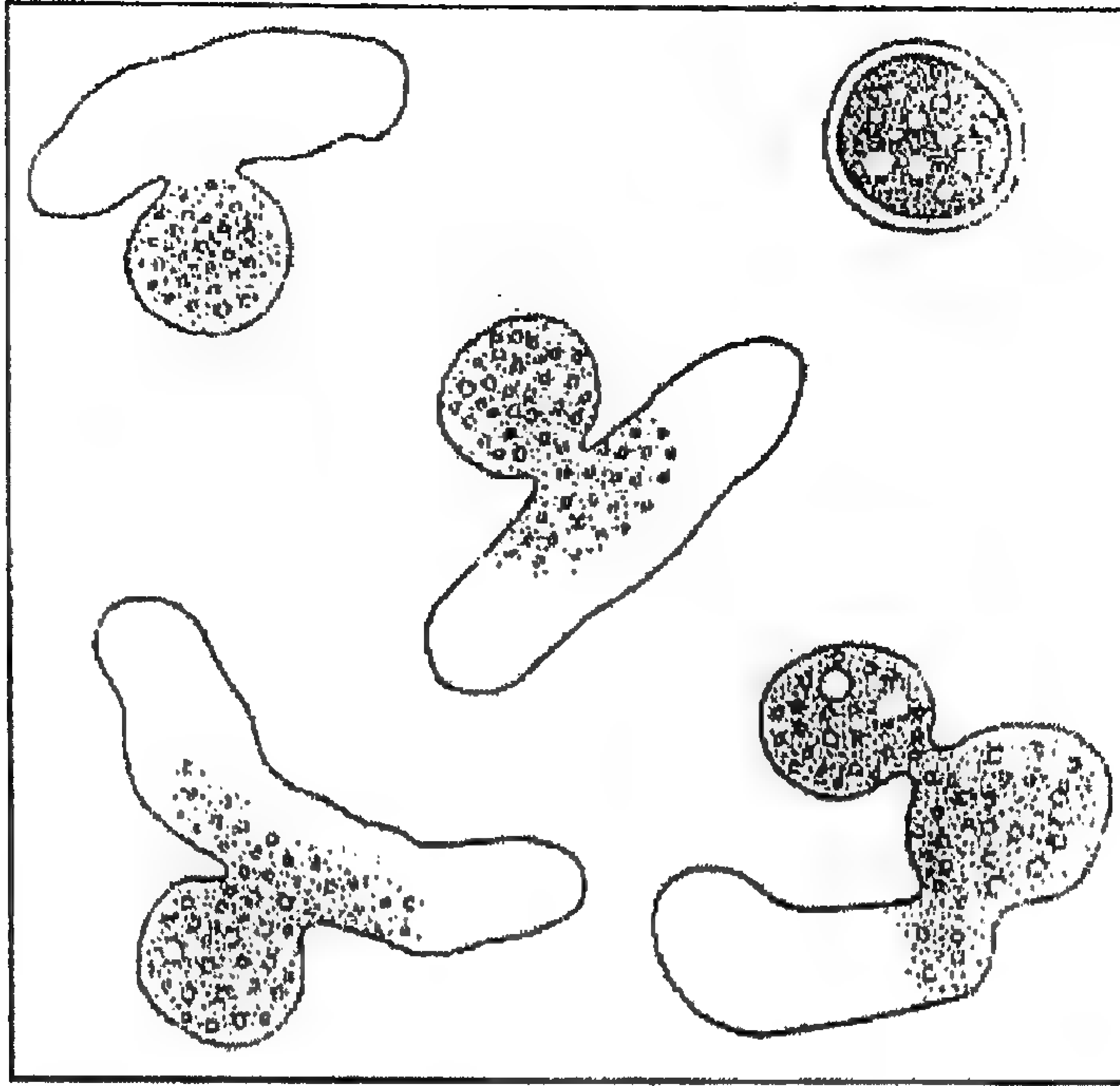
Humber عـام ١٩٨٩م. أفـراد هـذه الفصـيلة مـتطفلات إجباريـة علـى الحلـم والحشـرات متشابهة الأجنحة Homoptera. النمو الخضرى على شكل أجسام هيفية (شكل ٤-٣-١-٥-١) والتى قد تتغطى أو لا تتغطى بجدار. الحوامل الكونيدية غير متفرعة اسطوانية أو صولجانية لحد ما.



شكل (٤-٣-١-٥-٣-١) الفطر *Ballocephala*

A) الحامل الكونيدى ذو الجراثيم الكونيدية الجانبية.

B) كونيديات C) جرثومة زيجية



شكل (٤-٣-١-٥-٥-١) تكوين الجرثومة الساكنة Azygospore من الأجسام الهيفية.

الجرثومة الكونيدية وحيدة الجدار ذات ٤ أو ٧-١١ نواة، تنطلق بالإنقلاب الحلمى، ميلانينية. قد تعطى كابيللوكونيدة ثانوية. الجراثيم الزيجية هى برعم من منطقة التحام الأجسام الهيفية، ميلانينية.

وفيما يلى مفتاح لجنسى هذه الفصيلة :

أ- عدد الأنوية لكل خلية ٤ (٥)، تتكون كابيللوكونيدة ثانوية، لا يحدث إنبات الجرثومة الكونيدية خلال الحلمة (٨ أنواع)

G. Neozygites

أأ- عدد الأنوية لكل خلية ٧-١١، لا تتكون كابيللوكنيدة، يحدث الإنبات خلال الحلمة (نوع واحد)

G. Thaxterosporium

٤-٣-١-٦ رتبة بازيديوبولالات

Order : Basidiobolales

تضم الرتبة فصيلة واحدة هى Fam. Basidiobolaceae والتى تضم جنساً واحداً هو الجنس *Basidiobolus* الذى يحوى خمسة أنواع. تم تعريف هذه الفطريات بوجود الحوصلة التحت اسبورانجية والتى تتمزق أثناء تفتح الاسبورانجيا. الاسبورانجيا وبعض الخلايا قد تبدو متعدد الجراثيم بسبب إنتاج بروتوبلاستات داخلية. تتكون خلايا مساعدة على الجاميطات، جميع الخلايا وحيدة النواة كبيرة الحجم نسبياً، ذات نوية مركزية واضحة ولا يوجد كروماتين كثيف. تم اقتراح هذه الرتبة بسبب وضع *Basidiobolus* مع الفطريات الكيتريدية فى بعض الدراسات الفيللوجينية باستخدام تتابعات ssu rDNA. وقد أوضحت الدراسات فائقة التكبير باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح أن في *Basidiobolus* تكوّن العضية المصاحبة للنواة nucleus-associated organelle التى تماثل الجسم المركزى centriole ذات الأنيبيبات (انظر الجزء الأول من كتابنا شعب الفطريات)، ولا يتكون سوط. وجد Lutzoni et al (٢٠٠٤) أن تحليل تتابعات SSU, LSU rDNA وضعت *Basidiobolus* فى الزيجوميكوتا، ولكنه لا يرتبط مع الأنتوموفثورات، وقد تأكدت هذه النتيجة بدراسة تتابعات الفا وبيتا - تيوبيلوين.

تعزل أنواع جنس *Basidiobolus* من الروث والدبال، وبعض أنواع هذا الجنس تسبب أمراضاً زيجية Zygomycosis للإنسان. الأفراد مترممات، توجد بالتربة أو فى روث البرمائيات أو الزواحف، وقد تكون ممرضات ضعيفة فى الفقاريات. الميسليوم كثيف لحد ما، يتركب من خلايا وحيدة النواة، غالباً يكوّن أجسام هيفية وحيدة النواة، كما يكوّن خلايا خمائرية وحيدة النواة، قد تبدوا بعض الخلايا عديدة الجراثيم فى أعقاب التجزؤ الداخلى للبروتوبلاست، الحوامل الجرثومية عادة غير متفرعة، تعطى حوصلة تحت

جرثومية طرفية، تطلق الجراثيم الأولية بقوة عن طريق تمزق الحوصلة التحت جرثومية. الجراثيم وحيدة النواة، كروية لحد ما، غالباً تبدو عديدة الجراثيم في أعقاب التجزؤ الداخلي للبروتوبلاست. الجراثيم الثانوية تشبه الجراثيم الأولية إلا أنها أصغر منها أو تتكون microspores / capillispores. غالباً ما تتكون جراثيم كلاميدية. الجراثيم الزيجية ملساء أو متموجة، تتكون في واحد من زوج الجاميطات، تنشأ من قطع هيفية متجاورة. كل جاميطة ناضجة تحمل خلية مساعدة تشبه المنقار وحيدة النواة. الأنوية كبيرة (تزيد عن ١٠ ميكرون في الطول)، ذات نوية مركزية واضحة ولا يوجد كروماتين كثيف.

٤-٣-١-٦-١ الفصيلة البازيديوبولية

Family Basidiobolaceae

تضم جنساً واحداً هو *Basidiobolus* وأكثر أنواعه إنتشاراً *B. ranarum*. تتلخص دورة حياته التي تبدأ بإنطلاق الجرثومة الكونيدية الأولية بقوة وذلك بطرد محتويات الحامل الكونيدي بعد تمزق الحوصلة أسفل الجرثومة، بعض السلالات تنتج رائحة مميزة لمادة بنزين – سداسي الكلوريد والذي تشابه تلك التي يطلق من الاكتينوميسيتات. أمكن التعرف على هذا الجنس في التربة والبقايا النباتية وكثير من أنواع البراز، كما أمكن عزله من الروث الحديث للزواحف آكلة الحشرات والحيوانات البرمائية (الضفادع) وحتى من الأسماك والخفاش، كما أمكن عزله من أمعاء البرمائيات والثعابين، وبالرغم من أن الجراثيم تعبر القناة الهضمية، إلا أن ذلك ليس حتمياً لاستكمال دورة الحياة.

بعض الأنواع والسلالات مترممات، إلا أن البعض الآخر متطفلات إختيارية على الفقاريات، كما وجدت إصابات للكلاب والحصان والبعض يصيب الإنسان.

من أهم أنواع جنس *Basidiobolus* بالإضافة إلى *B. ranarum*، *B. haptosporus*,

و *B. meristosporus* إلا أنـه قـد ثبـت أن *B. ranarum* (شـكل ٤-٣-١-٦-١-١) هـو النـوع الوحيـد المـرض للإنسـان وعلـى الأخـص مرضـى نقـص المناعـة حيـث يسـبب Subcutaneous chronic zygomycosis.

٤-٣-١-٧ رتبة الزوباجالات

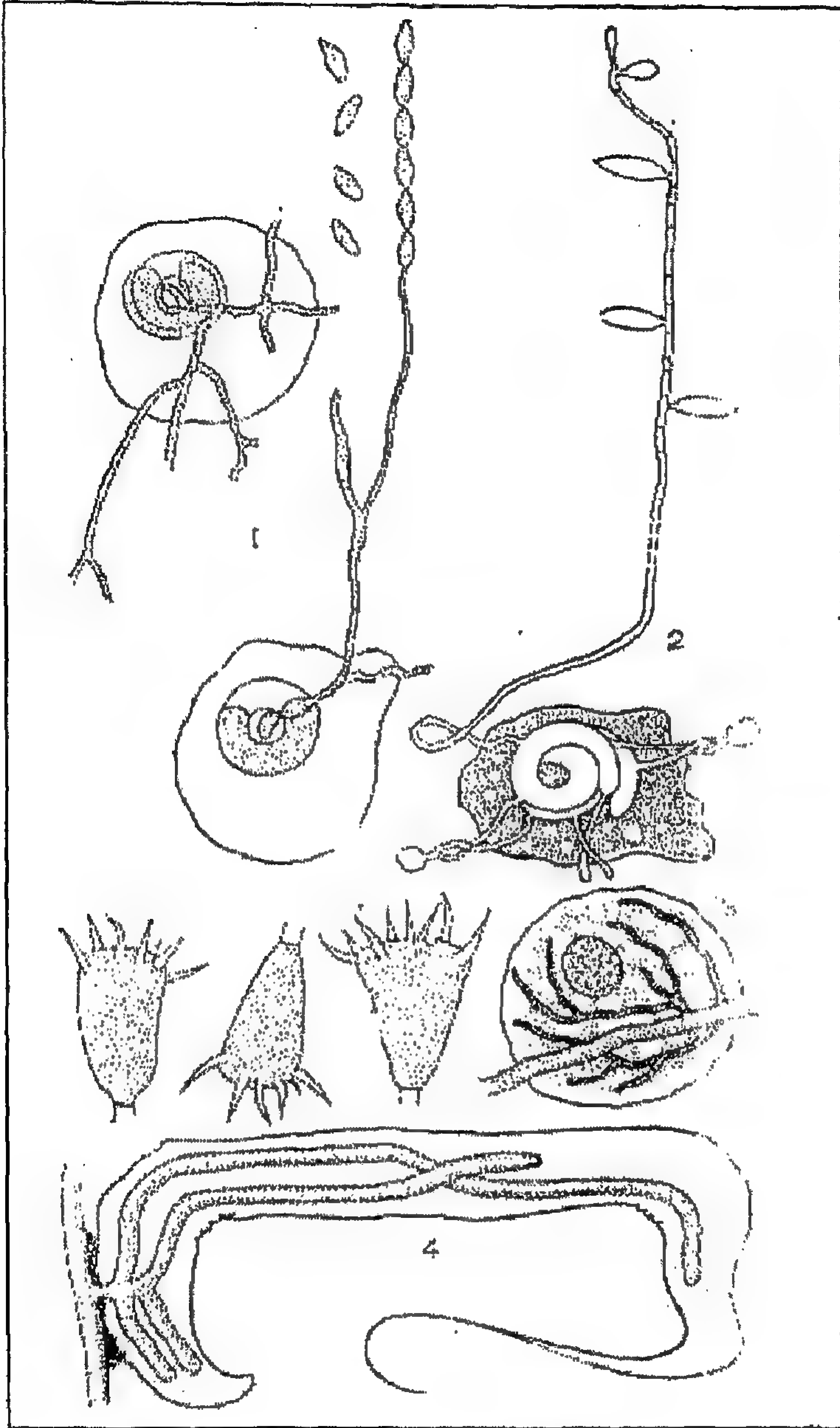
Order : Zoopagales

تضم رتبة الزوباجالات الفطريات التـى تـرتبط بالحيوانـات الصـغيرة، أو بغيرهـا مـن الفطريات، وتعد الأنواع المتطفلة على الفطريات من الأنواع الشائعة فى هذه الرتبة.

وبالرغم من شيوع أفراد هذه الرتبة على الحيوانـات الصـغيرة، إلا أنـه يصـعب كـثيراً ملاحظتها والتعرف عليها، وذلك بسبب سرعة تجرثمها، وصغر حجمها وصعوبة زراعتها (شكل ٤-٣-١-٧-أ).

اقـترح Bessey عـام ١٩٥٠م هـذه الرتبـة وضـم إليهـا ثلاثـة فصـائل Zoopagaceae (وتضـم الفطريـات التـى سـتناقش فـى هـذا الكتـاب فـى فصـيلتى Zoopagaceae , Cochlonemataceae) وفصـيلتين مـن Trichomycetes همـا Genestellceae, Harplaceae، ثـم ضـمت الفصـيلة Sigmoideomycetaceae والفصـيلة Piptocephalidaceae إلى هذه الرتبة استناداً إلى مقارنات تتابعات DNA.

فطريات هذه الرتبة وثيقى الصلة بسبب طبيعتها التطفلية والكـثير مـن أفرادهـا تعطـى ممصات. تتشابه كذلك الجراثيم الزيجية فى التركيب وعلى الأخص فى شكل المعلق. بعـض أنواع جنس *Syncephales* (Piptocephalidaceae) تكـون زوائـد فصـية تماثـل التراكيـب التى تكونها بعض أنواع جنس *Cochlonema* (Cochlonemataceae).



شكل (٤-٣-١-٧-أ) : الزوباجالات

١- الجنس *Cochlonema*　　　　٢- الجنس *Endocochlus*

٣- الجنس *Acaulopage* الثالوس داخل جسد خلية أميبا والكونيديا.

٤- الجنس *Stylopage*، خيوط الفطر مخترقة نيماتودا.

الفطريات مفترسات، خارجية أو داخلية التطفل على غيرها من الفطريات أو الحيوانات الصغيرة، المفترسات والمتطفلات الخارجية تكوّن ممص داخل العائل. التراكيب الجسدية تتألف من ثالوس بسيط متفرع أو غير متفرع، أو يتركيب من نظام هيفى متفرع. التكاثر اللاجنسى بالجراثيم الكلاميدية أو الجراثيم المفردة أو العديدة فى ميراسبورانجيا بسيط أو متفرع. الطور الكامل يتركب من جراثيم زيجية كروية لحد ما، تتكون على معلقات متمايزة أو غير متمايزة، متوازية، مستقيمة لحد ما أو حلزونية. تضم الرتبة خمسة فصائل.

وفيما يلى مفتاح لفصائل رتبة الزوباجالات:

أ- الجراثيم كبيرة نسبياً (٢٥-١٣٠ ميكرومتر طولاً، ٧-٣٩ ميكرومتر قطراً، بنية فاتحة إلى بنية، الحوامل الاسبورانجية بسيطة، متطفلات على بيض النيماتودا ونادراً ما تتطفل على أطوار النيماتودا البالغة أو الدورات

Family Helicocephalidaceae

أأ- الجراثيم أصغر عادة، مبيضة اللون إلى مصفرة، الحوامل الجرثومية بسيطة أو متفرعة، متطفلات على الفطريات أو الحيوانات الصغيرة..............................(ب)

ب- الهيفات الخصيبة مقسمة بانتظام، تتفرع ثنائياً، تتفكك عند النضج، معنقة، كروية لحد ما، تتكون الحوصلات الخصيبة فى أزواج فى نقطة التفرع للهيفات الخصيبة، تحمل الحوصلات الخصيبة جراثيم ذات نتوء فوق كامل السطح

Family Sigmoideomycetaceae

ب ب- الفطريات ليست كما سبق..(جـ)

جـ- متطفلات مماصية على الفطريات، غالباً على Mucorales، نادراً على الأسكيات أو الفطريات الناقصة

Family Piptocephalidaceae

جـ جـ- متطفلات مماصية خارجية أو لا مماصية داخلية على الحيوانات الصغيرة (الأميبا والدوارات والنيماتودا) نادراً على فطريات أخرى ليست Mucorales.............(د)

د- مفترسات، يتطور الميسليوم خارج العائل، حيث يتكون الممص داخل العائل

Family Zoopagaceae

دد- متطفلات خارجية أو داخلية، مماصية أو لا مماصية، الهيفات المتجرثمة فقط والجراثيم تتكون خارج العائل

Family Cochlonemataceae

٤-٣-١-٧-١ الفصيلة الزوباجية

Family Zoopagaceae

عمد Duddington عام ١٩٧٣م على تنقيح الفصيلة الزوباجية، حيث نقل الأنواع التطفلة إلى الفصيلة Cochlonemataceae، تاركاً المفترسات في الفصيلة الزوباجية. تحتوى الفصيلة الزوباجية الآن على الفطريات التي تفرز لاصق لتصطاد به العائل. أفراد هذه الفصيلة تنتج ممص فقط داخل العائل والميسليوم الجسدى والتراكيب التكاثرية تتكون خارجياً. تنشأ الجراثيم مفردة أو في سلاسل، كثير من الأنواع تغطى جراثيمها زوائد شفافة مما يدعو إلى الاعتقاد أنها أكياس اسبورانجية ذات جراثيم اسبورانجية داخلية.

تضم الفصيلة خمسة أجناس: *Zoopage, Stylopage, Cystopage, Acaulopage, Zoophagus*، جميعها ذات ميسليوم كثيف، دقيق، ذو ممصات عندما يلامس فريسته التاسبة (الأميبا، النيماتودا، العناكب). تتكون الجراثيم مفردة أو في سلاسل، وإذا ما تكونت الجراثيم الزيجية، فهي شفافة وذات جدار زيجي حافظي خشن. المعلقات متباينة التموضع وهيفية. توجد أفراد هذه الفصيلة حيث تتواجد عوائلها، في التربة، الروث، الدبال، وقد تكون مرتبطة بالحزازيات، يستوطن النوع *Zoophagus insidians* قنوات المياه العذبة، وقد اعتقد لفترة طويلة أنه من البيضيات، كما يوجد في كومات العلائق.

يعطى على هيفاته أفرع جانبية قصيرة أو نتوءات تلتصق بها العناكب. تتميز قمم النتوءات بوجود حواف ذات قمم علوية ضيقة على الجدار الخارجى. وعندما تتلامس مع الفريسة تفرز مادة لاصقة، ويطلق على هذه النتوءات Lethal lollipops. ويبقى العنكبوت الفريسة ممسوكاً حتى يتم نمو النتوء خلال فمه، ثم إلى داخل جسمه، ويحدث تحلل للحيوان مع تقدم الفطر داخل تجاويفه.

يشبه تطفل هذا الفطر تطفل الفطر *Acualopage pectospora* على النيماتودا. حيث يعطى تفرعات هيفية قصيرة تنتهى بانتفاخ، الذى يلتصق عن طريق إفراز لاصق.

يوجد النوع *Stylopage anomala* فى الروث: حيث يعمل على افتراس الأميبات. وقد عرف فقط فى طوره التكاثرى وهى جراثيم إبرية (شعرية)، تلتصق الجراثيم بالحلم وتنتشر بواسطته فى الروث.

مفتاح مبسط لتعريف الأجناس:

أ- المادة اللاصقة تتكون على قمة فرع قصير ينشأ عمودياً على الهيفات الجسدية
G. Zoophagus

أأ- تتكون المادة اللاصقة على طول الهيفا الجسدية، لا تتكون الأفرع العمودية اللاصقة..(ب)

ب- تنشأ الجراثيم فى سلاسل *G. Zoopage*

ب ب- تنشأ الجراثيم مفردة، أو تنشأ جرثومتين أو أكثر من الهيفا الخصيبة.........(جـ)

جـ- تتكون من جرثومة لعدة جراثيم على حامل جرثومى قائم ومتطاول
G. Stylopage

جـ جـ- تتكون جرثومة واحدة على حامل جرثومى قصير وجانبى، ويكون الحامل أقصر من الجرثومة..(د)

د- الجراثيم كروية إلى كمثرية منعكسة أو صولجانيه منعكسة، جالسة لحد ما
G. Cystopage

دد- الجراثيم متطاولة، صولجانيه، إلى كروية لحد ما، ذات زوائد فارغة
G. Acaulopage

الجنس ***Cystopage*** يضم الجنس سبعة أنواع، جميعها متطفلات مماصية على الأميبا والنيماتودا الهيفات الجسدية فى البدء مدمج خلوى ومع تقدم العمر تصبح مقسمة، يتكاثر لا جنسياً بالجراثيم الكلاميدية، ولم يعرف لأنواعه تكاثر جنسى.

النوع النموذج *C. lateralis* كما يضم الأنواع الآتية :
C. cladospora , *C. ellipsospora* , *C. intercalaris* , *C. sacciformis* , *C. sphaerospora* , *C. subtilis*

عادة ما يكثر انتشار أنواع هذا الجنس خلال الأشهر الباردة الرطبة (سبتمبر وأكتوبر).

الجنس ***Zoophagus*** يضم الجنس خمسة أنواع، متطفلات خارجية على بعض أنواع الدوارات. يعطى الميسليوم الجسدى أفرع جانبية قصيرة ذات قمم لزجة أو مقابض تصطاد بها الحيوانات، وبعد حدوث الإصابة يمتلئ جسد الحيوان بالهيفات المتطفلة. الجراثيم مغزلية متطاولة وهى ميروسبورانجيا وحيدة الجرثومة، النهايات دقيقة: القمة ذات حاجز أو حاجزين عرضيين، ذات خلية طرفية غالباً تفتقر للسيتوبلازم، القمة ذات مادة لاصقة، الخلية القمية عادة بسيطة، إلا أنها قد تكون متفرعة. الجراثيم الزيجية ملساء الجدار، المعلقات هيفية.

النوع النموذج *Z. insidians*

أنواع الجنس *Zoophagus*

Z. cornus, *Z. insidians* , *Z. pectosporus* , *Z. tentaclum* , *Z. tylopagus*

هيفات النوع *Z. insidians* مقسمة، لا يحدث بينها إقتران جسدى ثبت بفحص الحوافظ اللاصقة أن الجدار الخارجى لها أملس.

الجنس ***Zoopage*** يضم الجنس عشرة أنواع، جميعها مفترسات للأميبا وأقل شيوعاً على الريزوبود rhizipods. يتم إصطياد العائل بإفراز مواد لزجة، يتكون المص فى داخل العائل – الهيفات الجسدية والهيفات التكاثرية تتكون خارج العائل. تتكون أعضاء التكاثر على حوامل اسبوارنجية قصيرة نسبياً، الميروسبورانجيا عديدة الجراثيم، بسيطة أو متفرعة. الجراثيم مغزلية أو مغزلية متطاولة أو معقوفة كالمنجل، الجدار أملس أو خشن، لا تتكون زوائد بالجراثيم إلا أن أحد الأنواع ذو خلايا فارغة. الجراثيم الزيجية كروية لحد ما، ذات حافظة زيجية عليها منمنمات تشبه الكأس، المعلقات هيفية، متساوية لحد ما.

النوع النموذج *Z. phanera*

أنواع الجنس *Zoopage*

Z, atractospora , Z. cladosperma , Z. mitospora , Z. nematospora , Z. pachyblasta , Z. phanera , Z. tetraspora , Z. thamnospira , Z. toechospora , Z. tryphera , Z. tryphera , Z. virgispora.

الجنس ***Acaulopage*** يضم الجنس ٢٧ نوعاً، متطفلات مماصية على الأميبا، الهيفات مدمج خلوى ذات بضعة أفرع، تصطاد الأميبا عن طريق مادة لزجة صفراء اللون، تكوّن ممصات متفرعة فى العائل. الميروسبورانجيا وحيدة الجرثومة، ذات زوائد عديدة، مختلفة الأشكال. الجراثيم الزيجية كروية لحد ما، جيدة النمنمة ذات جدار متآكل، المعلقات هيفية.

النوع النموذج *A. rhaphidospora*

يضم الجنس *Acaulopage* الأنواع الآتية :

A. acanthospora
A. acanthospora var. magna
A. aristata
A. baculispora
A. bicornis

A. ceratospora
A. crobylospora
A. dactylophora
A. dasyspora
A. dichotoma
A. gomphoclada
A. gyrinoides
A. hysttricospora
A. ischnospora var. pleacra
A. lasiospora
A. longicornis
A. lophospora
A. macrospora
A. pectospora
A. retusa
A. rhaphidospora
A. stenospora
A. tenuicornis
A. tetraceros
A. tetraceros var. longa
A. tigrina
A. trachyspora

حتى الآن، وصف ٢٧ نوع تنتمى لجنس *Acaulopage*، جميعها متطفلات على الأميبا. تنمو الهيفات الخصيبة على طول سطح الطبقة التحتية وتظهر الميروسبورانجيا قائمة لحد ما عندما تتكون. قد تكون الميروسبورانجيا منبارية الشكل أو أهليلجية أو بيضية معكوسة أو غير منتظمة. فى الغالب، تحتوى الميروسبورانجيا على زائدة أو أكثر وقد لا توجد زوائد. والزائدة قد تكون بسيطة أو متفرعة. أمكن Drechsler عام ١٩٣٥ تمييز النوع *A. rhaphidospora* لأن الميروسبورانجيا والتى تتكون هوائياً، تتولد عمودياً على سطح الطبقة التحتية، وقد لاحظ أن هيفات الفطر قد تكون أصغر من عرض الخلية البكتيرية، ويلاحظ تكوين الممص داخل خلية الأميبا، كما يمكن ملاحظة الجراثيم الزيجية التى تتكون هوائياً.

يتميز النوع *A. marantica* بأن الميروسبورانجيا مغزلية متطاولة ذات زائدة واحدة طرفية. لوحظ تكوين الجراثيم الزيجية بوفرة، وينشأ أحد المعلقات من الهيفا والآخر من جرثومة نابتة. النوع *A. lasiospora*، يكوّن ميروسبورانجيا كروية تحمل العديد من الزوائد على الجزء الهوائى من الجرثومة. أما النوع *A. gomphoclada* يكوّن ميروسبورانجيا ذات زوائد طويلة، وتنشأ الجراثيم الزيجية نتيجة للإقتران الجانبى نموذجياً، الميروسبورانجيا عصوية طويلة، ذات زائدة طرفية غير متفرعة إلى ميروسبورانجيا قصيرة نسبياً، أهليلجية إلى بيضاوية معكوسة، ذات زائدة واحدة إلى كروية لحد ما أو غير منتظمة وتحمل العديد من الزوائد البسيطة القصيرة. تشمل التغيرات الأخرى جراثيم متفرعة كما فى النوع *A. dichtoma*، أو جراثيم بيضاوية أو بيضاوية منعكسة ذات زائدة واحدة طرفية متفرعة (*A. longicornis* , *A. crobylospora* , *A. bicornis*) أو عصوية طويلة بدون زائدة قمية كما فى النوع *A. baculispora* والنوع *A. ischnospora var. pleacra*.

الجنس ***Stylopage*** يضم الجنس ١٥ نوعاً، مفترسات للأميبا، وأقل شيوعاً للنيماتودا. تعمد لاصطياد عوائلها بإفراز مادة لزجة. يتكون المص فى العائل، الهيفات الجسدية والتكاثرية تتكون خارجياً. يتكون من واحد إلى عدة تراكيب تكاثرية لا جنسية على حوامل اسبورانجية طويلة نسبياً. الميروسبورانجيا وحيدة الجرثومة، بيضاوية معكوسة، أهليلجية متسعة أو معقوفة كالمنجل ذات أو بدون زوائد طرفية. الجراثيم الزيجية كروية لحد ما، جدار حافظى متآكل أو تشبه زوائد الكأس، المعلقات هيفية، متساوية لحد ما.

النوع النموذج *S. haploe*

أنواع الجنس *Stylopage*

S. anomala
S. apsheronica
S. araea

S. araea var magna
S. cephalote
S. cymosa
S. gracilis
S. grandis
S. hadra
S. haploe
S. leiohypha
S. leptae
S. minutula
S. rhabdoides
S. rhabdospora
S. rhicnacra
S. rhynchospora
S. scoliospora

لاحظ Drechlser ظهور النوع *S. hadra* فى المزارع المزودة بالنيماتودا بعد خمسة إلى ١٥ يوم من ا لزراعة. للفطر ميروسبورانجيا مفرد أو يكوّن عدة ميروسبورانجيات فى تعاقب على الحامل الإسبورانجى القائم. تتكون الجراثيم الزيجية فى النوع *S. rhabdospora* عندما تتقاطع هيفاتين منفصلتين أو بين جرثومتين نابتتين. يتميز النوع *S. cephalote* بتكوين عدة ميروسبورانجيات من قمة حويصلية لحامل اسبورانجى طويل. وهو متطفل على الأميبا، الجراثيم الزيجية ذات جدار زوائده تشبه الكؤوس، بينما النمنمات على الجراثيم الزيجية للنوع *S. rhynchospora* فهى نتوءات شبه كروية، وللميروسبورانجيا زائدة طرفية، كما فى النوع *S. rhinacra*. أما بقية أنواع هذا الجنس فليس للميروسبورانجيا زوائد.



٤-٣-١-٧-٢ الفصيلة الكوكلونيمية

Family Cochlonemataceae

فصل Bessey عام ١٩٥٠م ستة أجناس من الفصيلة الزوباجية وهم : *Euryancale, Endocochlus, Cochlonema, Bdellospora, Aplectosoma, Amoebophilus* وأنشأ بهم هذه الفصيلة والتى تضم المتطفلات على مختلف اللافقاريات الصغيرة. أفراد هذه الفصيلة أما ذات ثالوس داخلي وبدون مماصات، أو أن الجرثومة تصبح ثالوس ولا يخترق سوى الممص العائل. والثالوس قد يكون ميسليوم إلى حد ما، كما فى الجنس *Euryancale*، أو قد يكون منتفخ لحد ما وعلى شكل وسادة، كما فى الجنس *Aplectosoma* أو ملتف كما فى الجنسين *Endocochlus, Cochlonema* فى الجنسين *Bdellospora, Amoebophilus* ينشأ الثالوس من الجرثومة المعدية، ويتكون الممص فقط داخل العائل.

يمكن عزل أفراد هذه الفصيلة من جميع الطبقات التحتية على العائل الحيوانى المناسب (أميبا، نيماتودا، ذوات الأقدام الكاذبة rhizopods) فهى تعزل من الروث والتربة والدبال، والأجزاء النباتية العفنة.

أفراد هذه الفصيلة متطفلات خارجية أو داخلية على الأميبا أو النيماتودا أو رايزوبود، تكوّن الجراثيم الميسليوم وتتكون خارج العائل، أو يتكون الثالوس والجراثيم داخل العائل. الثالوس الذى يتكون داخل العائل ميسليوم لحد ما أو مفلطح وذات أشكال مختلفة ولا تتكون أشباه جذور، أو أن الثالوس خارجي وينشأ من الجرثومة المعدية ويتكون ممص فقط فى العائل. الجراثيم تتكون مفردة أو فى سلاسل، جالسة أو على حوامل جرثومية متباينة الأطوال. الجراثيم الزيجية شفافة، جدار الحافظة الزيجية منمنم، يتكون على معلقات مستقيمة، متقابلة أو ملتفة متساوية شكلا ومختلفة حجماً. فى بعض الأنواع تنشأ انتفاخات على المعلق الأكبر.

مفتاح مبسط لأجناس الفصيلة Cochlonemataceae

أ- ينشأ الثالوس من جرثومة معدية والذى يبقى خارج العائل، يتكون الممص فقط داخل العائل..(ب)

أأ- يتكون الثالوس فى العائل، ولا يتكون ممص...........................(هـ)

ب- الثالوس بسيط أو ملف بسيط...(جـ)

ب ب- الثالوس يشبه الوسادة أو ميسليوم لحد ما...............................(د)

جـ- تتكون الجراثيم مفردة *G. Endocochlus*

جـ جـ- تتكون الجراثيم فى سلاسل *G. Cochlonema*

د- الثالوس ميسليومي، الجراثيم تتكون مفردة وبالتتابع على فرع جانبى من الحامل الجرثومى *G. Euryancle*

د د- الثالوس على شكل وسادة لحد ما، الجراثيم تتكون فى سلاسل
G. Aplectosoma

هـ- الجرثومة متضخمة، تصبح أهليلجية متسعة أثناء تكوين الثالوس، تتكون الجراثيم فى سلاسل طويلة، الممص يتفرع من ٢ إلى ٣ مرات
G. Bdellospora

هـ هـ- الجرثومة لا تتضخم أثناء تكوين الثالوس، تبقى اسطوانية، تتكون الجراثيم مفردة أو فى سلاسل من ٢ إلى ٤، نادراً أكثر من ٤، الممص يشبه الوسادة أو مفصص، غير متفرع
G. Amoebophilus

الجنس ***Cochlonema*** متطفلات داخلية على الأميبا (شكل ٤-٣-١-٧-٢-١) والرايزوبود، الثالوس حلزوني، نادراً أصبعى، عادة يزيد قطره عن ثلاث مرات عن الهيفا

اللاجنسية، لا يتكون ممص. الهيفا الخصيبة ليست ممتدة، بسيطة أو متفرعة، الجزء القائم ينتج ميروسبورانجيا متعددة الجراثيم. الجراثيم اسطوانية إلى مغزلية، ملساء الجدار أو غير منتظمة الحواف. الجراثيم الزيجية ذات انعمادات أو مثألثة أو تشبه النتوء، المعلقات هيفية أو ممتدة لحد ما أو متوازية أو مضفرة.

النوع النموذج *C. verrucosum*

أنواع الجنس *Cochlonema*

C. agamum Drechsler
C. bactrosporum Drechsler
C. calosperma var longius Drechsler
C. calosperma Drechsler
C. cerasphorum Drechsler
C. cylindricum Drechsler
C. dolichosporum Drechsler
C. euryblastum Drechsler
C. explicatum Drechsler
C. fusisporum Drechsler
C. linear Jones
C. megalosomum Drechsler
C. megaspirema Drechsler
C. odontosperma Drechsler
C. ozotum Drechsler
C. pumilum Drechsler
C. pygmum Jones
C. symplocum Drechsler
C. verrucosum Drechsler

لوحظ أن النوع *C. explicatum* المتطفل علي الريزوبود، يكون ثالوس غير ملتف. في أغلب الأنواع *Cochlonema*، تكون الجرثومة فارغة من المحتويات الستيوبلازمية، إلا أنه في النوع *C. explicatum* تبقى الجرثومة ممتلئة بالسيتوبلازم وهي أصل الهيفات الخصيبة.



شكل (٤-٣-١-٧-٢-٧): عدة ثالوسات لأنواع جنس *Cochlonema* تصيب أميبا.

تتكون الميروسبورانجيا عندما تتوقف حركة العائل. في النوع *C. megaspirema* تنشأ الهيفات الخصيبة من الثالوس الملتف، تنمو خلال قشرة العائل ثم إلى الطبقة التحتية. عندما تصبح الهيفات الخصيبة هوائية تنمو لأعلى عدة مليمترات. لاحظ Drechsler (١٩٤٢م) وجود امتدادات للميروسبورانجيات في النوع *C. euryblastum* بالعين المجردة بعد ١١ يوم من حقن العائل. في مزارع النوع *C. megalosomum* تظهر المستعمرات المتجرثمة كلطخ بيضاء للعين المجردة. عند النضج تنقطع الميروسبورانجيا تاركة جراثيم متناثرة على سطح الطبقة التحتية. تنشأ الجراثيم بتكوين مناطق خالية من السيتوبلازم في نهاية كل جرثومة. يحدث تكوين الميروسبورانجيات بوفرة في أنواع كثيرة منها *C. verrucosum* , *C. euryblastum* , *C. dolichosporum* , *C. bactrosporum* و *C.agamum*. وبعض الأنواع تعطي عدد أقل من الجراثيم مثل: *C. pumilum, C. cylindricum*. جراثيم هذا الجنس قد تكون اسطوانية أو اهليلجية

طويلة أو مغزلية، ملساء أو خشنة الجدار. الأنواع إسطوانية الجرثومة قد تكون ملساء الجدار (*C. pumilum, C. ozotum, C. cylindricum, C. bactrosporum*) أو خشنة الجدار (*C. odontosperma, C. megaspirma*). كما تكوّن أنواع أخرى جراثيم مغزلية ملساء الجدار (*C. fusisporum*) أو خشنة الجدار (*C. verrucosum, C. symplocum, C. ogamum*). ومن الجراثيم المنفردة البيضاوية المتطاولة ذات القمة الفارغة، يكونها النوع *C. dolchosporum*. بقية الأنواع تعطى جراثيم أهليلجية أو خيطية إلى مغزلية لحد ما ذات جدر خشنة.

الجنس ***Aplectosoma*** يضم الجنس نوعاً واحداً، هو النوع *A. microsporum*، متطفل على الأميبا، يتكون الثالوس داخل العائل، غير منتظم الشكل، مفصص حافياً، يكوّن الحوامل الإسبورانجية من القمم المفصصة، الميروسبورانجيا متعددة الجراثيم، يتكون من ٤ إلى ٥ ميروسبورانيجا. الجراثيم مغزلية لحد ما، ولم يعرف جراثيم زيجية لهذا النوع.

الجنس ***Bdellospora*** يضم الجنس نوعاً واحداً، هو النوع *B. helicoides* تلتصق الجراثيم بالعائل وهو خلية الأميبا، تكون ممص طرفى متفرع، وتنتفخ الجرثومة مكونة الثالوس. يتكاثر لاجنسياً بتكوين هيفا خصبة قائمة التى تغطى الميروسبورانجيا متعددة الجراثيم. الجراثيم مغزلية لحد ما، ذات جدار غير منتظم. يحدث التكاثر الجنسى بعد اقتران معلقات هيفية حلزونية، ينشأ كل منها من ثالوس مقسم. الحافظة الزيجية ذات جدار متآكل، فى الغالب غير متجانس.

الجنس ***Euryancale*** يضم الجنس خمسة أنواع، متطفلات داخلية على النيماتودا، الثالوس ميسليوم، أعرض من ٢ إلى ٣ مرات من الهيفا التكاثرية الخارجية. تعطى الهيفا التكاثرية حوامل اسبورانجية على زوايا قوائم لحد ما، يستطيل الثلثين العلويين من طول

الحامل، وتنحنى على شكل L أو U، تتكون الميروسبورانجيا طرفياً، وحيدة الجرثومة، معقوفة إلى هلالية، ذات كرة لزجة فى أحد طرفيها، عادة ما تترك ندبة على الحامل الاسبورانجى بعد انفصالها. يتغطى جدار الحافظة بانتفاخات مخروطية، لم يوصف ترتيب العلقات.

النوع النموذج *E. sacciospora*

يضم جنس *Euryancale* الأنواع :

E. marsipiodes, E. marsipsora, E. obliqua, E. phallospora, E. sacciospora

الجنس ***Endocochlus*** يضم الجنس أربعة أنواع، جميعها متطفلات داخلية على الأميبا. الثالوس حلزون، عادة أعرض بثلاث مرات أو أكثر عن الهيفا اللاجنسية، لا يتكون ممص. الهيفا الخصبة غير ممتدة، بسيطة أو متفرعة، تنشأ الميروسبورانجيا وحيدة الجرثومة على الجزء الهوائى من الهيفا الخصيبة القائمة. الميروسبورانجيا أهليلجية طويلة إلى مغزلية، ذات زائدة قمية بسيطة، جدار الحافظة الزيجية ذو نتوءات كأسية، المعلقات هيفية، متوازية.

النوع النموذج *E. asteroides*

أنواع الجنس *Endocochlus*

E. asteroides , E. binaris , E. brachysporus , E. gigas

الجنس ***Amoebophilus*** يضم الجنس ستة أنواع، متطفلات خارجية على الأميبا. تلتصق الجرثومة بخلية العائل، تنبت من أحد طرفيها، معطية أنبوبة إنبات، التى تخترق العائل، مكونة ممص كروى أو مفصص. الجرثومة هى أصل الثالوس، الميروسبورانيجا إما تحتوى على جرثومة واحدة أو بضعة جراثيم. الجراثيم إسطوانية ذات قمم مستديرة أو حادة تنشأ الجراثيم الزيجية من هيفات جنسية غير متمايزة، ينشأ كل منها من جرثومة مختلفة. تنبت الجرثومة الزيجية مكونة من ١-٣ جراثيم، من المحتمل أن الجنس غير متجانس.



النوع النموذج *A. penardii*

أنواع جنس *Amoebophilus* :

A. caudalus
A. dangeardii
A. korotneffii
A. penardii
A. sicyosporus
A. simplex

٤-٣-١-٧-٣ الفصيلة البيبتوسيفاليدية

Family Piptocephalidaceae Schroter, 1893

ضمت هذه الفصيلة ولفترة طويلة جنسين هما : *Syncephalis , Piptocephalis*، الأول يضم ٢٩ نوعاً، والثاني يضم ٤٧ نوعاً. وضع كثير من الميكولوجين الأوائل هذين الجنسين في الفصيلة Cephalidaceae أو Piptocephalidaceae. كما قُسّم مع فطريات غير وثيقى الصلة: (Mucorales , Mucoraceae)، وأفراد من الفصيلة Dimargaritaceae (Dimargeritales) و Kickxellaceae (Kickxellaes).

كان Benjamin عام ١٩٥٩م هو أول من وضع أعضاء الفصيلة Ptocephalidaceae هما *Syncephalis, Piptocephalis* وقد تبعه كثير من الميكولوجيين. نقل Benjamin عام ١٩٧٩م هذه الفصيلة من Mucorales إلى Zoopagales بسبب التشابهات في تكوين الجراثيم الميروسبورانجية وشكل الجراثيم الزيجية (وعلى الأخص تطاول الجاميطات) وجميعها متطفلات مماصية.

أغلب أنواع هذه الفصيلة متطفلات على الفطريات الميوكورية إلا أن بعض الأنواع يشك في أنها متطفلات على الفطريات الأسكية أو الناقصة، وتشمل *Piptocephalis xenophila, Syncephalis sphaerica, S. wynneae*.

يفترض أن الروث وكذا الميوكورات الميروسبورانجية هى المكان الأفضل لعزل أفراد هذه الفصيلة، بعد روث القوارض، وعلى الأخص روث الفئران والأرانب آكلات الأعشاب والحيوانات تعد غنية بهذه الفطريات. كما أمكن عزل كثير من الأنواع من التربة، كما توجد فى البقايا النباتية.

أنواع هذه الفصيلة متطفلات على الفطريات وعلى الأخص الميوكورات. الحامل الجرثومى بسيط أو متفرع، مدمج خلوى أو مقسم، تحمل الميروسبورانجيا مباشرة على قمم غير منتفخة للفروع أو على قمم سميكة الجدار متساقطة أو غير متساقطة (رؤوس — خلايا). تحتوى الميروسبورانجيا على جرثومة واحدة إلى الكثير من الجراثيم الإسبورانجية، سبحية، تنشأ من التبرعم المتتالى وتتفكك عند النضج، أو إسطوانية، متزامنة. وجدار الميروسبورانجيا تتلاشى أو مقاومة وتنساب مع الجراثيم بواسطة الانشقاق حول المحيط. تتكون الجراثيم الزيجية على معلقات متوازية أو مضفرة، يحدث أحيانا نمو مفصص من أحد المعلقات.

الجنس النموذج : *Piptocephalis* deBary

مفتاح مبسط لأجناس الفصيلة Piptocephalidaceae

أ- الحوامل الجرثومية غير متفرعة، نادراً وتتفرع ثنائياً ذات حوصلات خصبة طرفية غير متساقطة، الميسليوم غالباً معقد، يحدث إقتران جسدى، أعضاء إلتصاق كبيرة، تنتج ممصات ممتدة هيفية

G. Syncephalis

أأ- الحوامل الجرثومية كثيرة التفرع الثنائى، ذات رؤوس – خلايا متساقطة أو غير متساقطة، الميسليوم لا يحدث به اقتران جسدى، عضو الإلتصاق صغير، يكون ممص محدود، دقيق..(ب)

ب- الميروسبورانجيا سبحية، متفرعة، تكوّن سلاسل من الجراثيم فى zig-zag

G. Kuzuhaea

ب ب- الميروسبورانجيا ليست سبحية، بسيطة أو متفرعة، الجراثيم من واحدة إلى عديد، سلاسل الجراثيم مستقيمة

G. Piptocephalis

الجنس *Kuzuhaea* يضم الجنس نوعاً واحداً، يتطفل مماصياً على الميكورات Mucorales الحوامل الإسبورانجية بسيطة أو تتفرع ثنائياً، تنشأ الميروسبورانجيا بالتبرعم المتعاقب، تتفرع ثنائياً، سبحية، تنشأ الجدر العرضية وتبدو منطقة الجدار العرضى منقبضة. الجراثيم كروية إلى مثلثة الشكل، منمنمة بأشواك صغيرة. الجراثيم الزيجية كروية لحد ما، المعلقات متوازية، تشبه اللسان عند النضج، تنشأ كذلك جراثيم لازيجية.

يضم الجنس النوع *K. moniliformis*، عزل من تربة جمعت من طوكيو، وقد أمكن زراعته على الفطر *Umbelopsis ramanniana*.

الجنس *Syncephalis* يعد الجنس *Syncephalis* أكبر أجناس رتبة زوباجالات حيث يضم ٤٣ نوعاً. ولإسم هذا الجنس عدة مرادفات هى :

Acephalis , Clavocephalis , Microcephalis , Monocephalis , Syncephalopsis

أفراد هذا الجنس متطفلات مماصية على أفراد رتبتى Mortieralles , Mucorales وأقل شيوعاً على الأسكوميسيتات. تكوّن أنواعه هيفات هوائية، رفيعة نسبياً، مدمجة خلوياً قد تنمو فوق العائل. و يكوّن حوصلات عديدة الفصوص. الحوامل الإسبورانجية ذات أشباه جذور قاعدية وحوصلات قمية خصبة. الميروسبورانجيا وحيدة الجرثومة أو متعددة الجراثيم، تنشأ مباشرة على حوافظ أو على فريعات جرثومية والتى تنشأ من الحويصلات الجراثيم متباينة الأشكال، ملساء أو منمنمة. الجراثيم الزيجية كروية لحد ما، منمنمة، المعلقات متوازية، وقد تكون ذات حوصلات عديدة الفصوص.

النوع النموذج *S. cordata*

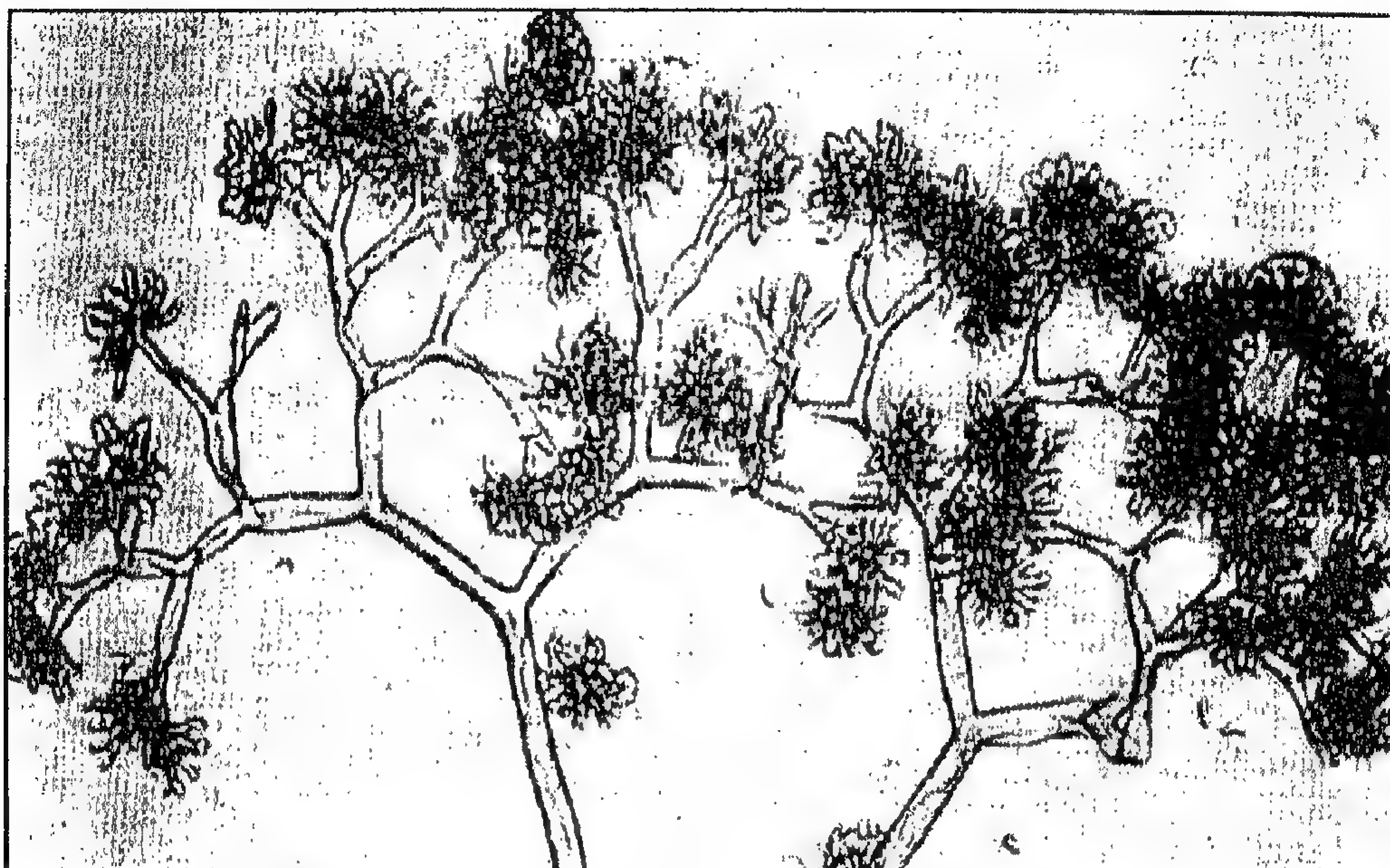
أنواع جنس *Syncephalis*

S. adunca , S. agglutinospora , S. annularis , S. asymmetrica , S. asymmetrica var. minuuta , S. aurantiaca , S. basibulbosa , S. bispora , S. californica , S. confusa , S. cordata , S. cornu , S. curvata , S. depressa , S. drechslerii , S. fasciculata , S. furcata , S. fuscata , S. fusiger = Microcephalis fusiger , S. glabra , S. heteriformis , S. hyalina , Gliocephalis hyalina, S. hypogena , S. indica , S. intermedia , S. leadbeaterii , S. minima , S. nana , S. naumovii , S. nigricans , S. nodosa = Calvocephalis nodosa , S. obconica , S. pendula , S. penicillata , S. plumigaleata , S. pycnosperma , S. pycnosperma var. subglobosa, S. pygma , S. radiata , S. ramosa , S. rapacea , S. reflexa, S. rosetta , S. sphaerica , S. tenuis , S. tetraspora , S. tetrathela, S. torpedospora , S. trispora , S. truncata , S. ubatubensis , S. ventricosa , S. viridis , S. vivipara , S. wynneae

يمكن عزل أنواع هذا الجنس من أى موطن يمكن أن يمده بالعائل المناسب. وقد تم حتى الآن وصف ما يزيد عن الخمسين نوعاً منذ أن وصف Tieghem and Le Monnier عام ١٨٧٣م أول نوع فى هذا الجنس. توجد أنواع هذا الجنس فى الروث وأقل شيوعاً فى التربة. وأكثر الأنواع شيوعاً فى التربة هى *S. sphaerica, S. nodosa, S. cornu* *S. depressa* . وقد أمكن عزل العديد من الأنواع على الأوساط الغذائية الفقيرة مثل وسط بذور القمح النابتة (١٠ جم/لتر) مع إضافة المضادات الحيوية والمبيد الفطرى بينوميل لمنع نمو بعض الفطريات. وبذلك أمكن عزل الكثير من الأنواع من التربة منها: *S. basibulbosa* و *S. leadbeaterii* , *S. parvula* وكذا *S. plumigaleata* وقد تمكن Ellis عام ١٩٦٦م من تنمية بعض الأنواع على أوساط غذائية بدون عوائلها.

الجنس *Piptocephalis* عرف de Bary عام ١٨٦٥م هذا الجنس لأول مرة ومن مرادفاته Mucoricola=، يضم الجنس ما يزيد عن ٢٥ نوعاً، أغلب الأنواع متطفلات مماصية على الميكورات، إلا أن أحد الأنواع يمكنه استخدام أحد أنواع الاسكوميسيتات

الناقصـة كعائـل. تتفـرع الحوامـل الجرثوميـة تفرعـاً ثنائيـاً عـدة مـرات (شكل ٤-٣-١-٣-٣-١).



شكل (٤-٣-١-٣-٣-١): الحامل الإسبورانجى المتفرع ثنائياً للجنس *Piptocephalis*.

تتكـون الميروسـبورانجيا على النهايـات الطرفيـة. الميروسـبورانجيا وحيـدة أو عديـدة الجراثيم عادة اسطوانية. الجراثيم متباينة الأشكال، وعند النضج تنساب جافة أو فى قطرة سائل. الجراثيم الزيجية إذا تكونت - كروية لحد ما، المعلقات متوازية.

النوع النموذج *P. freseniana*

أنواع جنس *Piptocephalis*

P. arrhiza
P. benjaminii
= Chaetocladium benjaminii
P. brijmohanii
P. cruciata
P. curvata

P. cylindrospora
P. debaryana
P. dichotoma
P. fimbriata
P. freseniana
= P. repens
= P. corymbifera
P. fusispora
P. grafenhanii
P. indica
P. lemonnieriana
P. lepidula
P. microcephala
P. minuta
P. monospora
P. pseuudocephalia
P. richardii
P. sphaerocephala
P. sphaerospora
P. tieghemiana
P. unispora
P. virginiana
P. xenophila

يمكن عزل أنواع هذا الجنس من كثير من المواطن، وقد عزلت كثير من الأنواع من روث السحالى، كما عزلت بعض الأنواع من التربة، إلا أن أنواع هذا الجنس أقل شيوعاً فى التربة من الجنس *Syncephalis*. ويفضل لتنمية أنواع هذا الجنس استخدام النوع *Umbelopsis ramannianus, Cokeromyces recurvatus* ينمى العائل عن أوساط غذائية غنية مثل MEYE أو Emerson's YpSs agar، كما يوصى باستخدام الطور الخمائرى للنوع *C. recurvatus* عن طريق تنميته فى وسط غذائى سائل، كعائل أولى لأنواع *Piptocephalis*.



٤-٣-١-٣-٤ الفصيلة السيجمويديوميسيتية

Family Sigmoideomycetaceae

فيما مضى وضع جنسين من هذه الفصيلة وهما *Sigmoidemyces* , *Thamnocephalis* إما فى زيجيات أخرى أو ضمن الفطريات الناقصة؛ فقد وضع الجنس الأول فى الفطريات الناقصة Deuteromycetes. إلا أن Blakeslee وضع الجنس الثانى قريباً من الجنس الأول. تكوّن جميع هذه الفطريات اسبورانجيولا وحيدة الجرثومة.

للأجناس الثلاثة *Sigmoideomyces*, *Thannocephalis*, (Zoopagales) *Cunnighamella* (Mucorales) أسبورانجيول وحيد الجرثومة ينشأ من حوصلة خصبة. فى الجنس الأول تتولد هذه الحوصلات مفردة فى قمة الحامل الجرثومى الرئيسى أو أحد فروعه، بينما فى الجنسين الآخيرين تتولد الحوصلات الخصبة فى أزواج، على أعناق، من خلايا تقع فى نقاط تفرع الهيفا الخصيبة. يكوّن الجنسان الأخيران رؤس خصبة تتركب من هيفات خصبة مقسمة وتتفرع ثنائياً والتى تنتهى بأشواك عقيمة، ذات زوج من الحوصلات الخصبة المعنقة، كما أنها متطفلات مماصية على غيرهما من الفطريات. لا تعطى أنواع جنس *Cunninghamella* رؤوس خصبة، الحوامل الجرثومية مدمج خلوى متفرعة عقربياً أو سوارياً، وتنتهى بحوصلة واحدة خصبة ليس لها شوكة عقيمة وهى مترممات.

تضم هذه الفصيلة حالياً ثلاثة أجناس، يضم الجنس *Sigmoideomyces* ثلاثة أنواع هى: *S. dispiroides*, *S. clathroides*, *S. divaricatus* ويضم الجنس *Thamnocephalis* نوعين: *T. ovalisporus* , *T. quadrupedata*، ثم أضاف Benny et al (١٩٩٢م) نوعين أحدهما للجنس *Thamnocephalis* والآخر وضع فى جنس جديد *Reticulocephalis*. ويتميز هذا الجنس بحدوث إقتران anastomoses لقمم الأشواك العقيمة، ويضم نوعان هما *R. clathroides*, *R. niveus*.

أفراد هذه الفصيلة متطفلات مماصية على غيرهم من الفطريات وتشمل جنس *Basidiobolus*.

فيما يلي مفتاح لأجناس الفصيلة Sigmoideomycetaceae

أ- الرؤس الخصيبة تتكون على أعناق G. Thamnocephalis

أأ- الرؤس الخصيبة جالسة...(ب)

ب- تتلاصق الأشواك العقيمة G. Reticulocephalis

ب ب- الأشواك العقيمة حرة G. Sigmoideomyces

الجنس ***Thamnocephalis*** يضم الجنس ثلاثة أنواع، الرووس المتجرثمة كروية لحد ما (شكل ٤-٣-١-٣-٤-١).



(شكل ٤-٣-١-٣-٤-١) : حوصلات خصيبة معنقة للنوع *Thamnocephalis quadrupeduta*.

الهيفات الخصيبة فى البدء مدمج خلوى ثم تصبح مقسمة عند النضج (شكل ٤-٣-١-٣-٤-٢).

(شكل ٤-٣-١-٣-٤-٢) :
الهيفات الخصيبة الحاملة للرؤس الجرثومية وتظهر مقسمة عند النضج

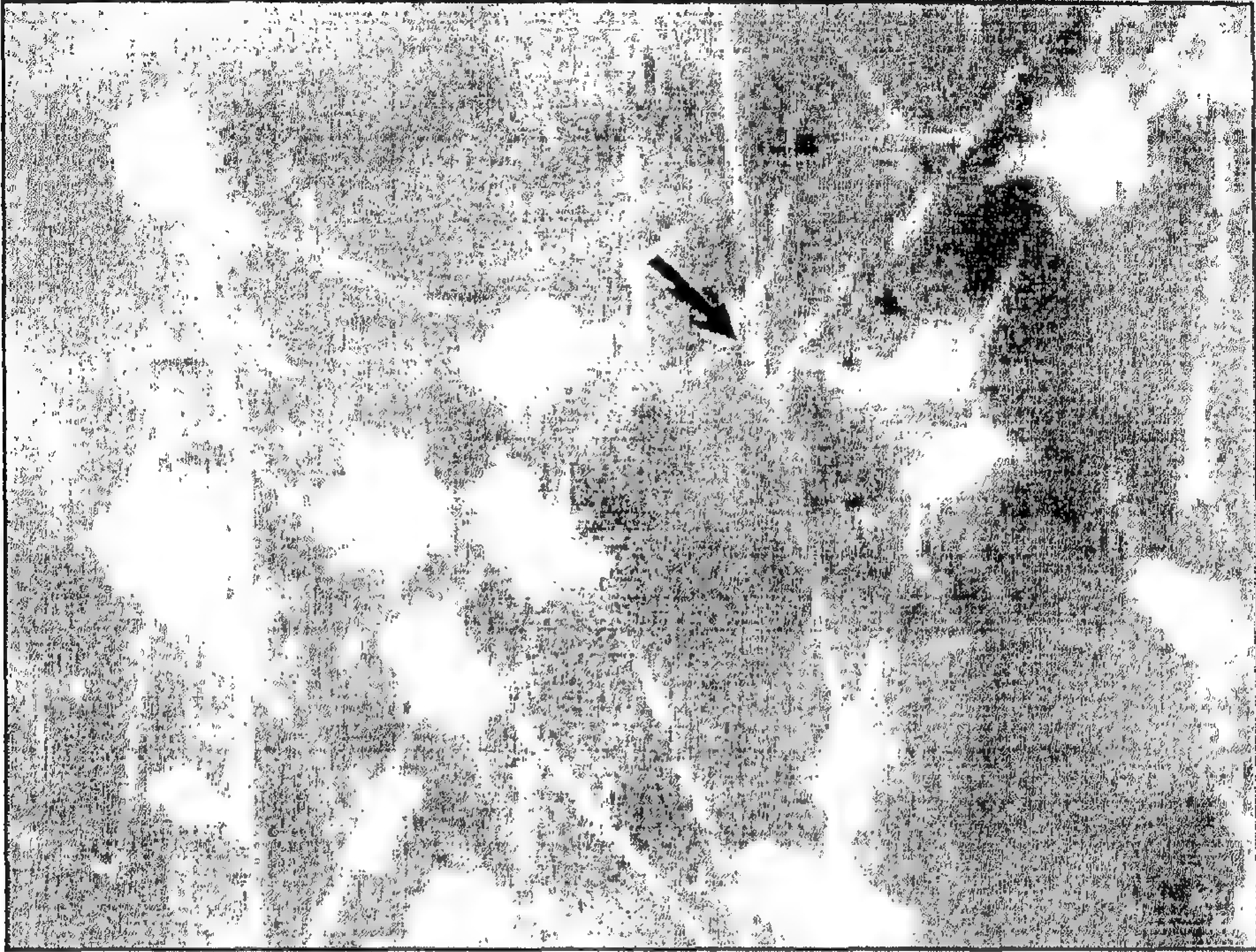
تتركب الهيفا الخصيبة من هيفات حلزونية تتشعب ثنائياً، يصبح أحد الفروع شوكة عقيمة، وجميع قمم الأشواك العقيمة حرة، والأخرى تستمر فى النمو ؛ وفى نقطة كل تفرع، باستثناء النقطة الأخيرة وقبل الأخيرة، يتكون عمودين يحمل كل منهما رأس حوصلة خصيبة (شكل ٤-٣-١-٣-٤-٣).

الميروسبورانجيا كروية إلى بيضاوية منعكسة، وحيدة الجرثومة، منمنمة، ذات زائدة، لم تعرف جراثيم زيجية، متطفلات مماصية.

النوع النموذج *T. quadrupedata*

أنواع جنس *Thamnocephalis*

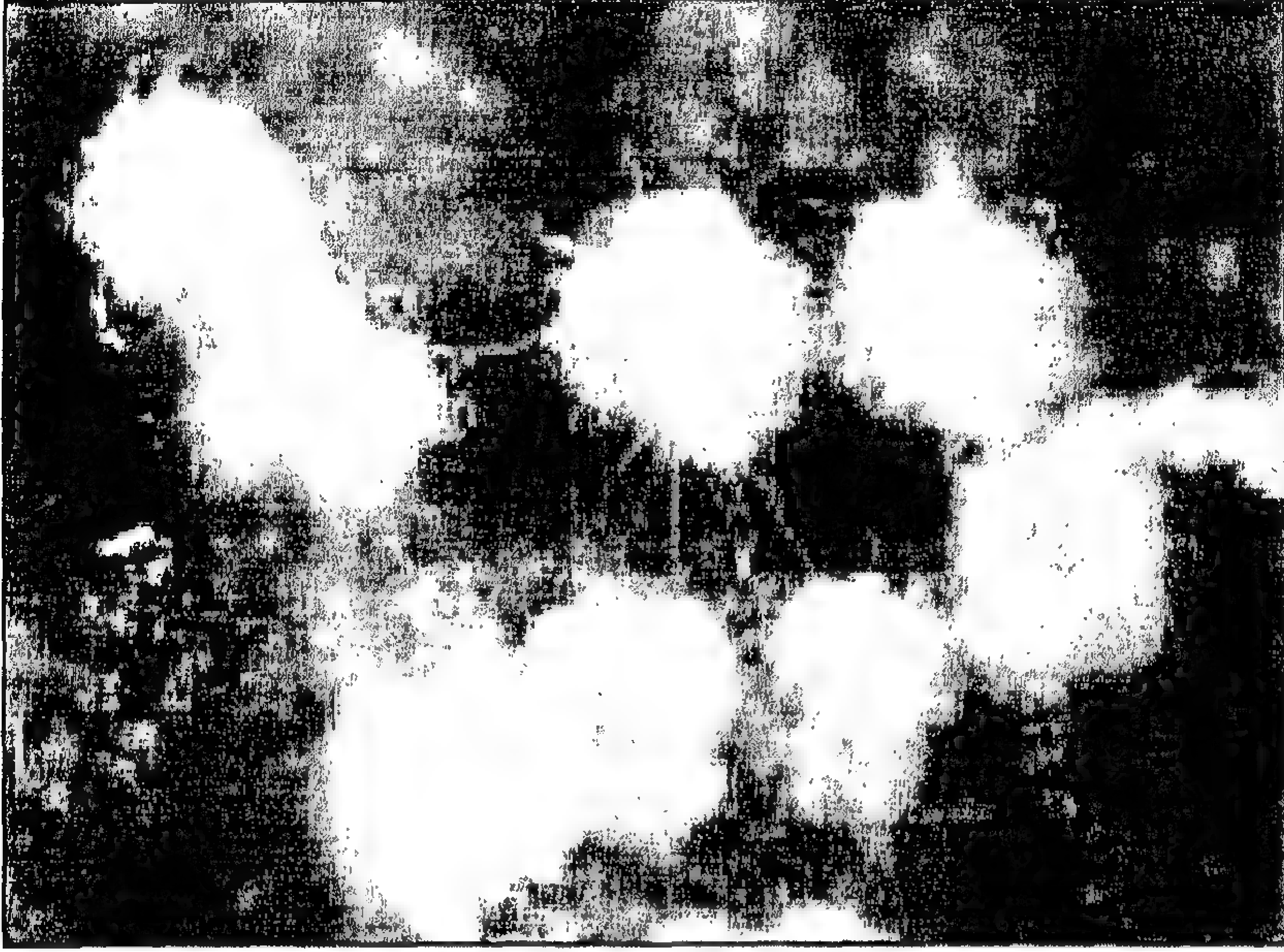
T. ovalispora
= *Chaetocladium ovalisporum*
T. quadrupedata
= *Chaetocladium quadrupedata*
T. sphaerospora



(شكل ٤-٣-١-٣-٤-٣) : منظر عام للرؤس الجرثومية للنوع *Thamnocephalis sphaerospora* حيث تظهر الأشواك العقيمة (السهم).

عرف النوع *T. ovalispora* من الهند وباكستان والنوع *T. quadrupedata* من شمال شرق الولايات المتحدة الأمريكية والصين وتايوان، وعزل النوع *T. sphaerospora* من تكساس (الولايات المتحدة). تم جمع أغلب عزلات هذا الجنس من الروث، حيث عزل النوعان *T. sphaerospora* , *T. quadrupedata* من روث الضفادع. وقد ثبت أن النوع *T. quadrupedata* متطفل مماصي على الفطر *Basidiobolus ranarum* كما أمكن تنمية النوع *T. sphaerospora* على مزارع منماه بالفطر *Microascus duguetii* (أسكى) *Cokeromyces recurvatus* كعوائل.

الجـنس *Sigmoideomyces* يضـم الجـنس نوعـان، مـن المحتمـل أنهمـا متطفلات مماصية. الرؤس المتجرثمة كروية إلى حد ما، جالسة (شكل ٤-٣-١-٣-٤-٤).



شكل (٤-٣-١-٣-٤-٤): الرؤوس المتجرثمة للنوع *Sigmoideomyces dispiroides* على الخشب.

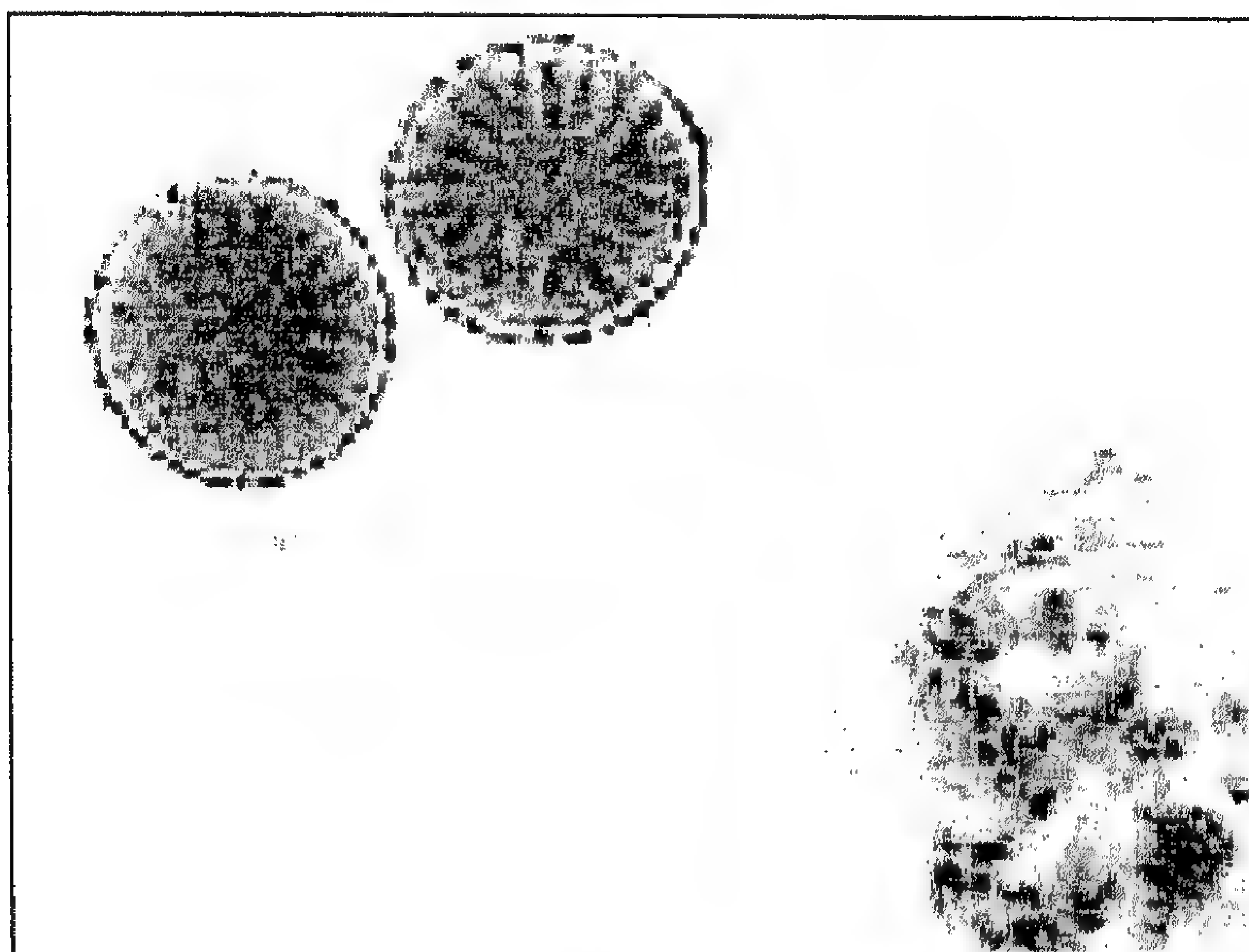
الهيفات الخصيبة مدمجة في البدء، وتقسم عند النضج، تتركب مـن هيفـات حلزونيـة تتفرع ثنائياً، أحد الأفرع يصبح شوكة عقيمة، وجميع قمم الأشواك حرة. أمـا الفـرع الآخـر فيستمر فى النمو، فى جميع نقاط التفرع باستثناء النقاط العلويـة (١ إلى ٢). يتكـون ساقين يحمـل كـل منهمـا حوصـلة كرويـة خصـيبة مغطـاة بـالجراثيم. الميروسبورانجيا كرويـة إلى بيضاوية منعكسة، وحيدة الجرثومة، منمنمة، ذات نتوء (شكل ٤-٣-١-٣-٤-٥).

النوع النموذج *S. dispiroides*

أنواع الجنس *Sigmoideomyces*

S. divaricatus
S. dispiroides

عرف النوع الأول فى شمال شرق الولايات المتحدة وكذا من المملكة المتحدة، وعرف النوع الثانى فى شمال شرق شمال أمريكا. ولم ينجح زراعة أى من النوعين على المزارع.



شكل (٤-٣-١-٣-٤-٥) : ميروسبورانجيا شوكية ناضجة وجزء من الحوصلة الخصيبة للنوع *Sigmoideomyces dispiroides*

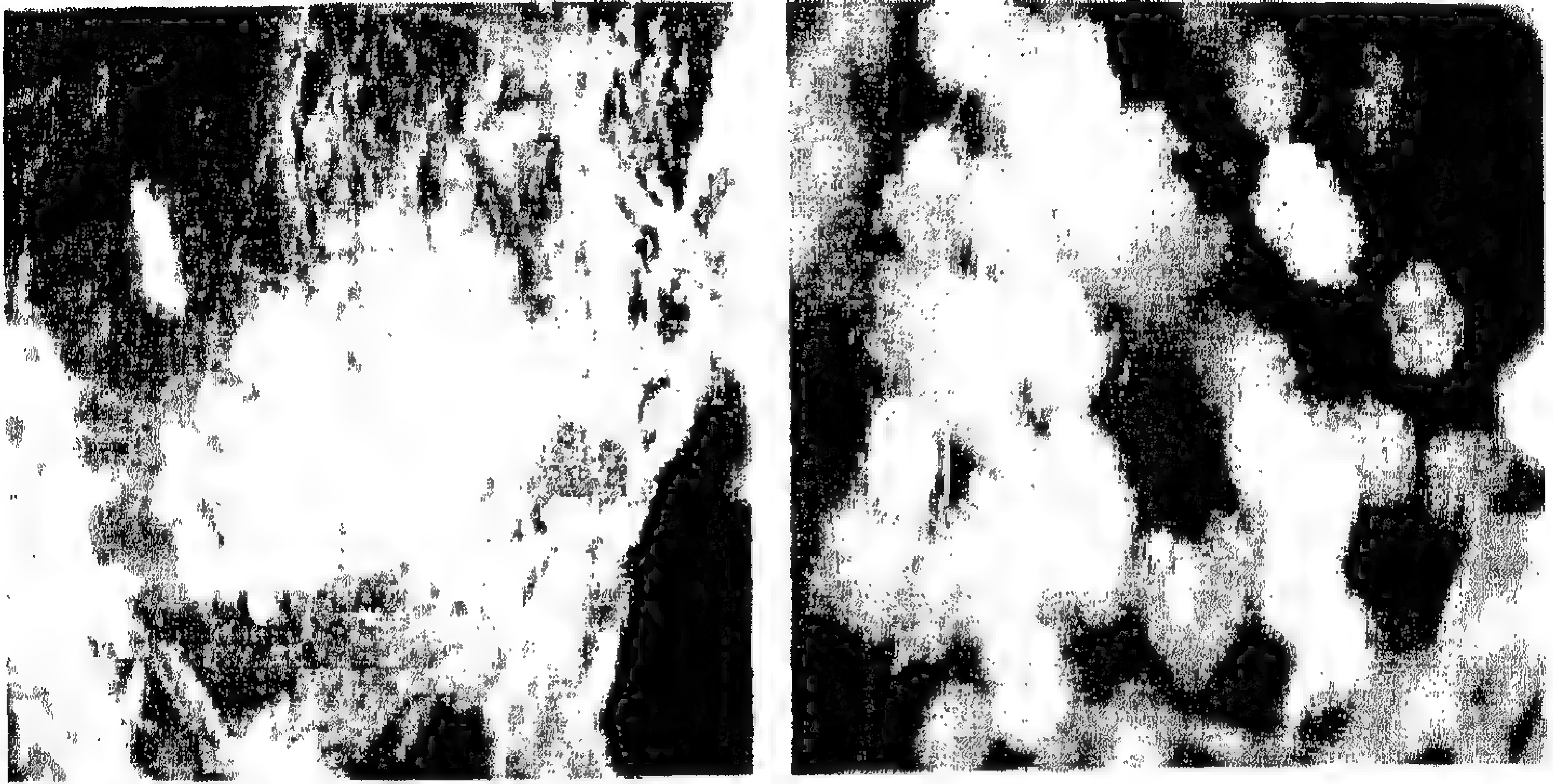
الجنس ***Reticulocephalis*** يضم الجنس نوعان، من المحتمل أنهما متطفلات مماصية، الرؤس الخصيبة كروية لحد ما، جالسة (شكل ٤-٣-١-٣-٤-٦). الهيفات الخصيبة مدمجة فى البدء، وتقسم عند النضج، تتركب من هيفات حلزونية تتفرع ثنائياً (شكل ٤-٣-١-٣-٤-٧)، أحد الفروع يصبح شوكة عقيمة، بعضها تلتحم قممه مع بعضها (شكل ٤-٣-١-٤-٤-٨)، وتستمر الأخرى فى النمو، وفى كل نقطة من نقاط التفرع ما عدا العقدتين العلويتين يظهر ساقين كل منهما يحمل حوصلة كروية خصيبة تتغطى بالجراثيم. الميروسبورانجيا كروية إلى بيضاء منعكسة، وحيدة الجرثومة، ملساء الجدار، ذات نتوء. لم يعرف للجنس جراثيم زيجية.

النوع النموذج *R. gyrosus*

أنواع جنس *Reticulocephalis*

R. clathroides
= Sigmoideomyces clathroides
R. gyrosus

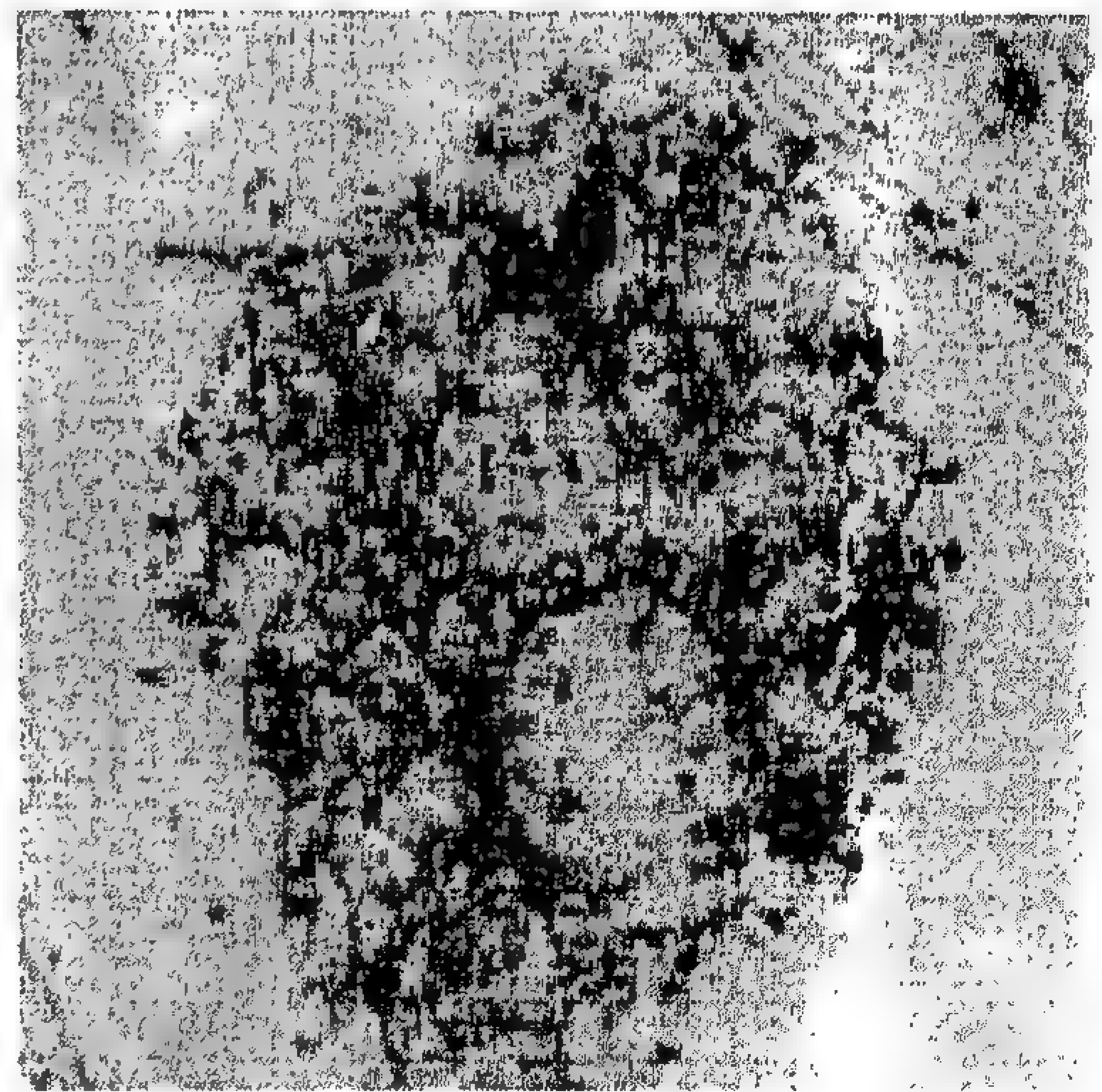
والصفة المميزة لهذا الجنس هى التصاق بعض الأشواك العقيمة مع بعضها البعض طرفياً وكذا الاسبورانجيول أملس الجدار.

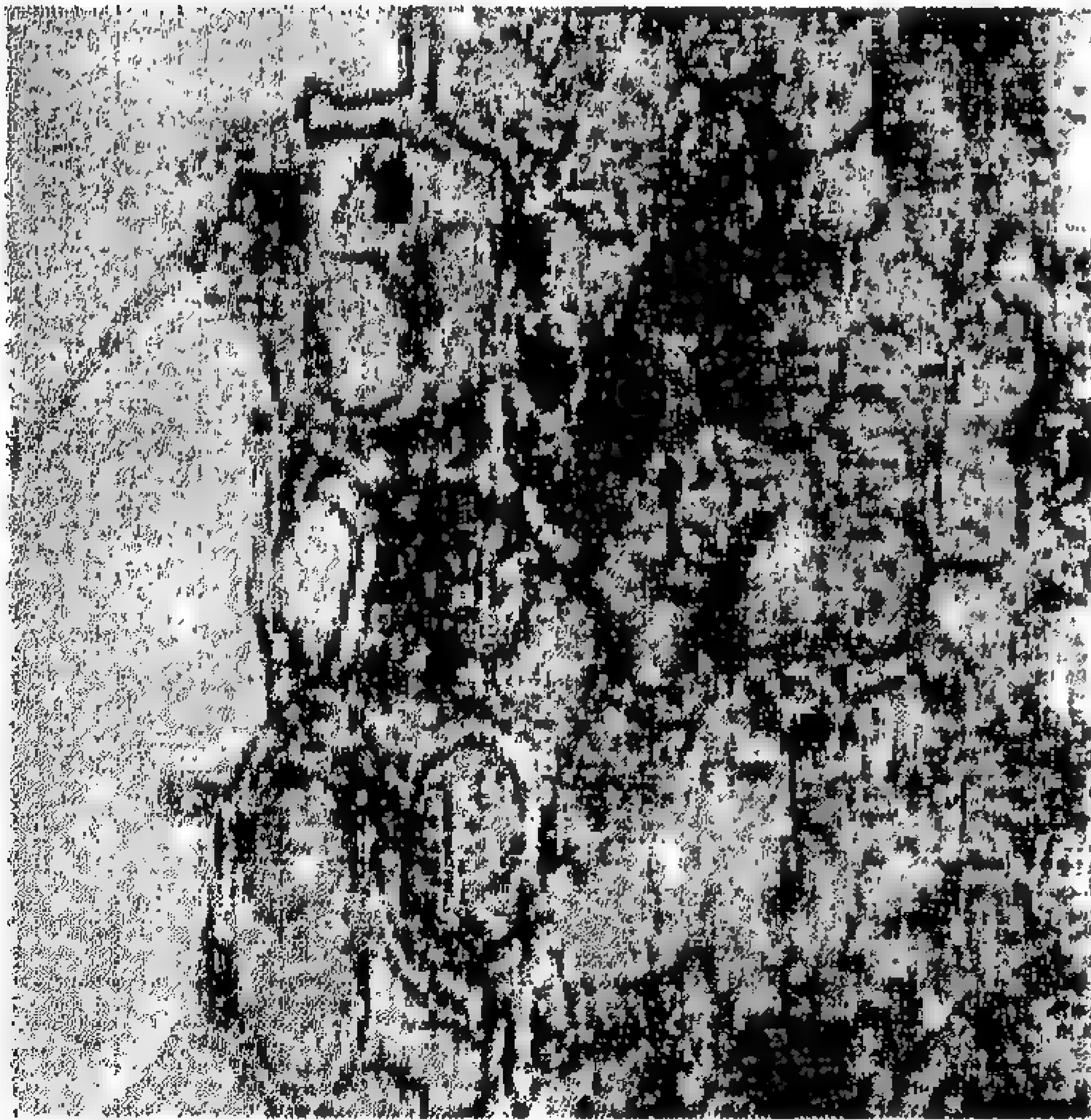


(شكل ٤-٣-١-٤-٤-٦) : عدة رؤس خصيبة للنوع نامية على الخشب للنوع *Reticulocephalis gyrosus* (إلى اليسار)، ومجموعة مكبرة منها (إلى اليمين).



شكل (٤-٣-١-٣-٤-٧) : تموذج للإلتفافات فى النوع *Reticulocephalis gyrosus*





(شكل ٤-٣-١-٤-٤-٨) رؤس خصيبة إلى اليمين للنوع *R. gyrosus* وإلى اليسار للنوع *R. clathroides*



٤-٣-١-٧-٥ الفصيلة الهيليكوسيفاليدية

Family Helicocephalidaceae

وضع Boedijn (١٩٥٨م) هذه الفصيلة فى رتبة الميوكورات، وقد قبل ذلك Ellis عام ١٩٧٣م. وضع الجنس *Rhopalomyces* مع بضعة أجناس أخرى فى الفصيلة Choanephoraceae، ولم يأتى على ذكر *Helicocephalum* وقد عامل بعض الميكولوجين الجنس *Helicocephalum* ضمن hyphomycete.

إقترح Mil'ko (١٩٧٤م) أن الجنسين *Rhopalomyces , Helicocephalum* أفراداً فى رتبة Zoopagales وقد قبل ذلك كل من O'Donnell, Benjamin. تضم الفصيلة حالياً ثلاثة أجناس : *Rhopalomyces, Helicocephalum, Brachymyces*، متطفلات مماصية على النيماتودا وبيض النيماتودا والدوارات ومن المحتمل الحيوانات الصغيرة. ويمكن عزلها على الأطباق المحتوية على تربة وعلى الأخص إذا ما زرعت هذه التربة بالعائل المناسب، أو إذا ما احتوت الطبقة التحتية على العائل أو بيضه.

تمتاز الفصيلة بأن الميسليوم الجسدى رفيع جداً، شديد التفرع، غير مقسم. الحوامل الجرثومية غير مقسمة، ذات ما يشبه أشباه الجذور، القاعدة مشباكية، تبقى القمة مستقيمة أو ملتفة، ثم تصبح سبحية وينشأ جدار عرضى فى الانقباض المنتج للجراثيم، إلى أن تصبح القمة محوصلة وتتكون الجراثيم بالتبرعم القاعدى. الميروسبورانجيا وحيدة الجرثومة، كبيرة نسبياً، مصبوغة. قد تكون غير متجانسة جنسياً. ولم يعرف لها جراثيم زيجية.

مفتاح مبسط تقسيم الفصيلة Helicocephalidaceae

أ- قمة الحامل الجرثومى مستقيمة أو ملتفة، تصبح مقسمة وتتجزأ إلى جراثيم

G. Helicocephalum

أ أ- قمم الحوامل الجرثومية محوصلة، تتكون الجراثيم متزامنة وبرعمياً..............(ب)

ب- تتشكل الحوصلة الخصبة على طول الحامل الجرثومي والذى ينضغط قاعدياً، يتكون من ١-٤ جراثيم، متطفلات على bdelloid rotifers

G. Brachymyces

ب ب- تتشكل الحوصلة الخصبة فى قمة الحامل الجرثومي فقط، تتكون جراثيم عديدة، متطفلات على النيماتودا وبيضها.

G. Rhopalomyces

الجنس ***Rhopalomyces*** يضم الجنس ٧ أو ٨ أنواع + ٣ أصناف، متطفلات على الحيوانات الصغيرة وعلى الأخص النيماتودا وبيضها. الهيفات الجسدية رفيعة نسبياً، مدمج خلوى. الحوامل الإسبورانجية ذات مخلب قاعدى وحوصلة خصبة قمية كروية إلى بيضاوية معكوسة. تتغطى كل الحوصلة الخصيبة جميعها أو ٥٠٪ العلوية منها بالميروسبورانجيا ذات النتوء. الجراثيم إهليلجية طويلة إلى بيضاوية، كبيرة نسبياً، ذات صبغات، وحيدة الخلية، تبقى جافة عند النضج، ولم يعرف للجنس جراثيم زيجية.

النوع النموذج *R. elegans* var. *elegans*

أنواع جنس *Rhopalomyces*

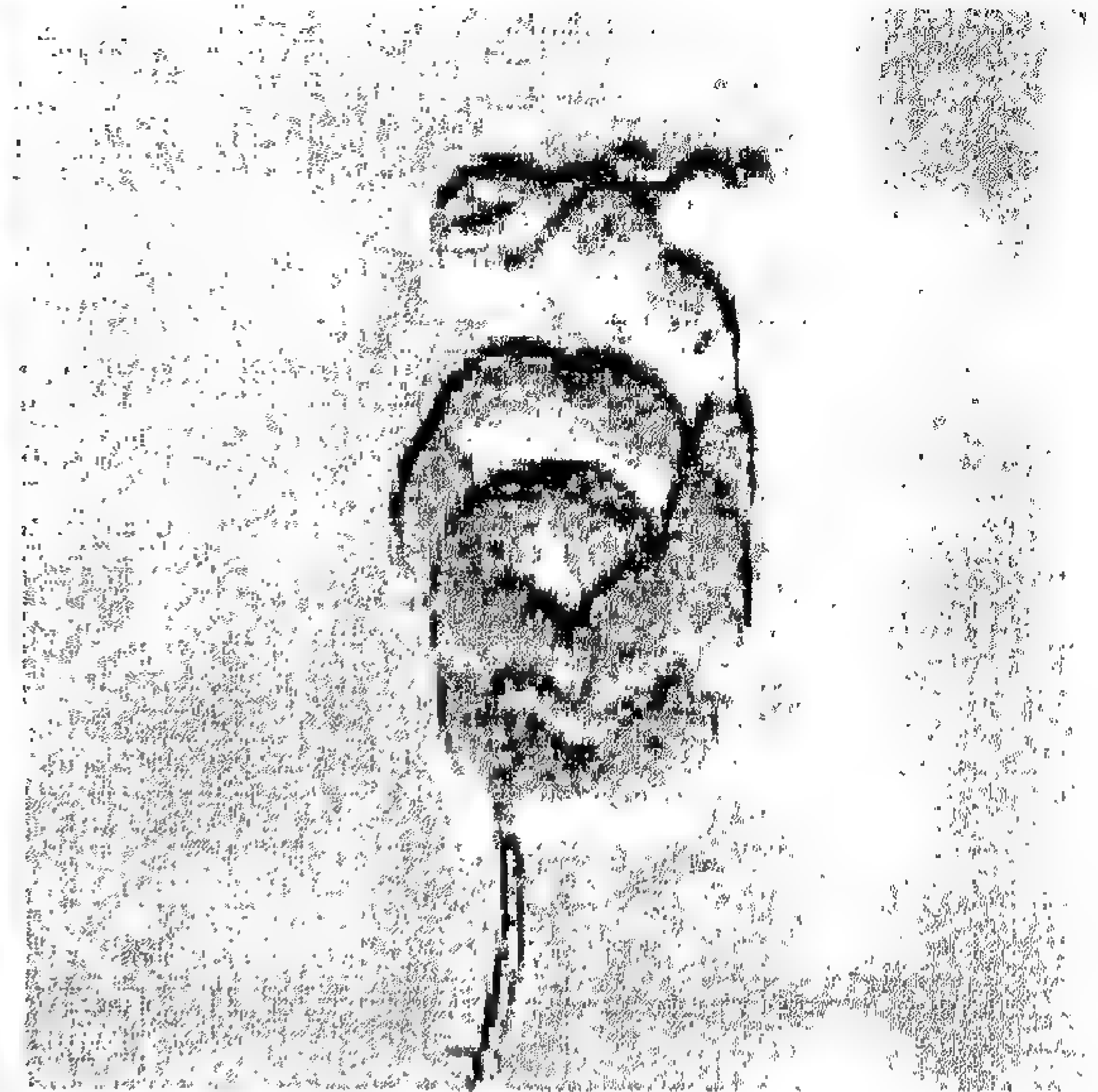
R. bennyi
R. elegans var. *elegans*
R. elegans var. *apiculatus*
R. elegans var. *crassus*
R. macrosporus
R. magnus
R. nigripes
R. semitectis
R. strangulatus

يمكن عزل أنواع هذا الجنس من الروث والتربة والأوراق العفنة، ويحتمل أن بعض الطبقات التحتية قد تكون مصدراً لعزلها. بعض الأنواع، مثل *R. elegans* متطفلات

مماصية على بيض النيماتودا، إلا أن كثيراً من الأنواع لم يعرف لها عائل. أمكن تنمية *R. elegans* فى مزارع باستخدام مزرعة معقمة بالأوتوكلاف لبكتريا *Bacillus cereus* لإنبات الجراثيم ووسط آخر يحتوى كبد الأبقار ودهن الخراف لتنمية وجرثمة الفطر. نقلت بعض الفطريات لجنس *Rhopalomyces*، منها *Choanophora cucurbitarum* وبعض أنواع جنس *Oedocephalum* إلا أنه تم وضعها فى موقعها الصحيح بواسطة Stalpers (١٩٧٤م).

الجنس ***Brachymyces*** يضم الجنس نوعاً واحداً متطفل على بعض أنواع الدوارات bdelloid rotifers هو النوع *B. megasporus*، الحوامل الإسبورانجية ذات أشباه جذور قاعدية وحوصلة متطاولة بيضاوية أو بيضاوية منعكسة وساق نحيفة تتمثل بإنقباض قاعدى. تتكون الميروسبورانجيا على قمة الحوصلة المستوية. الميروسبورانجيا أهليليجية متسعة أو بيضاوية معكوسة، داكنة اللون، عادة وحيدة الخلية وقد يتكون ١-٢ (٣-٤) جراثيم، لم تعرف الجراثيم الزيجية. يتميز النوع *B. megasporus* بأن الميروسبورانجيا أكبر من الحامل الاسبورانجي عادة ما يتكون عدة هياكل جرثومية وتبقى غير متمايزة بعد أن ينضج البعض.

الجنس ***Hellicocephalum*** يضم الجنس ٥ أنواع، متطفلات على الحيوانات الصغيرة، وعلى الأخص النيماتودا وبيضها. الهيفات الجسدية رفيعة نسبياً، مدمج خلوى، الحوامل الإسبورانجية ذات مخلب قاعدى وقمة حلزونية (شكل ٤-٣-١-٣-٤-٩) أو قد تبقى مستقيمة وذلك أمر قليل الشيوع وتصبح سبحية تتكون فى مناطق الإنقباضات جدر عرضية، الجراثيم مفصلية. الجراثيم أهليلجية طويلة.

شكل (٤-٣-١-٣-٤-٩) : الحامل الاسبورانجي الدقيق والقمة الحلزونية (إلى اليسار) وصورة مكبرة للقمة الحلزونية، حيث تظهر الميروسبورانجيات فى شكل سبحى للنوع (جراثيم مفصلية) للنوع *Helicocephalum sarcophilum*

إلى متطاولة، كبيرة نسبياً، ملونة، وحيدة الخلية، الجرثومة الطرفية مستوية القمة والجراثيم الأخرى مستوية الطرفان. تنساب الجراثيم فى قطرة سائل عند النضج، وتبقى متجمعة عند جفاف قطرة السائل. لم تعرف جراثيم زيجية.

النوع النموذج *H. sarcophalum*

أنواع جنس *Helicocephalum*

H. africanum
H. corniculatum
H. diplosporum
H. oligosporum
H. sarcophilum

ويعتقد أن بعض الفطريات الناقصة ذات الجراثيم الحلزونية. يتميز النوع *H. diplosporum* بأن قمة الحامل الاسبورانجى تستمر مستقيمة ويتكون جرثومتين

فقط. بقية أنواع هذا الجنس تكون قمة الحامل حلزونية وتحمل من ١ إلى ٣-٢٠ جرثومة أو أكثر. وتوجد أنواع هذا الجنس حيث يكثر وجود أنواع الفصيلة *Zoopagaceae, Cochlonemataceae*.

٤-٣-١-٨ رتبة الهاربللات

Order : Harpellales

في التقسيم الكلاسيكي لشعبة الزيجوميكوتا، قسمت هذه الشعبة إلى صفين الأول هو Class Zygomycetes والثاني هو Class Trichomycetes، استناداً لشكل الثالوس، حيث في الصف الأول هو ميسليوم من واهي إلى جيد التكوين، وفي الصف الثاني فهو يشبه الشعرة أو السيف المعقوف، ومن هذه الصفة، أطلقت على الفطريات التي تنتمي إليه "الفطريات الشعرية" اشتقاقاً من الكلمة اليونانية "tricho" والتي تعني "شعرة".

لفترة طويلة ضم هذا الصف أربعة رتب هي:

Order Amoebidiales , Harpellales, Eccrinales, Asellariales.

وفي عام ١٩٨٦م اقترح Lichtwardt أن رتبة Amoebidiales من المحتمل أن لا تكون فطريات.

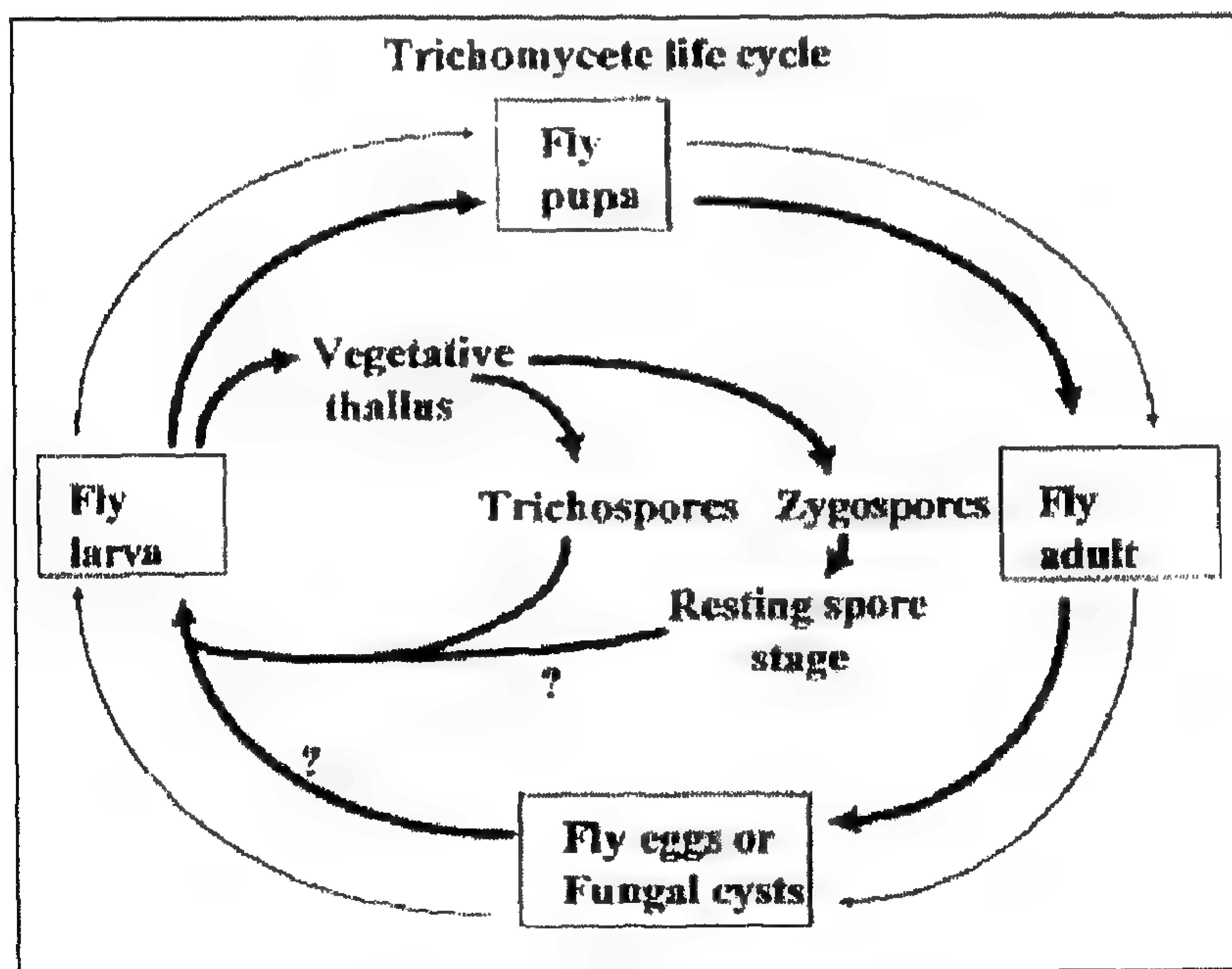
خلال الثمانينات والتسعينات من القرن الماضي توسعت الدراسات السيرولوجية والجزيئية لفطريات هذه الرتب، حيث ثبت أن Amoebidiales لا تنتمي إلى الترايكوميسيتات. وضع Cavalier-Smith (١٩٩٨م) رتبتي Eccrrinales, Amoebidiales في صف جديد أطلق عليه Enteromycetes لتشابه جهاز جولجي فيهما، وتوضع رتبة Amoebidiales في مملكة الطلائعيات في غمامة مع رتبة Eccrinales. تاركاً رتبتي Harpellales, Asellariales في صف الترايكوميسيتات.

ومن ناحية أخرى، فإن الدراسات السلفية لرتب الزيجوميسيتات أثبتت أن رتبة Harpellales مع رتبتي Kickxellales, Dimargaritales تنعزل في غمامة واحدة، مما استدعى وضع رتبة Harpellales مع صف الزيجوميسيتات.

أفراد رتبة الهاريللات مصاحبات إجبارية لمعى الحشرات وعلى الأخص متماثلة الأجنحة Isopoda ويرقات الحشرات، وتشمل الخنافس Coleoptera والذباب Diptera وذبابة مايو Ephemeroptera (Trichoptera) Stoneflies, (Plecoptera) Caddisflies, .,

تضم رتبة الهاريللات فصيلتين : Harpellaceae , Legeriomycetaceae. وتشتمل الرتبة على ٣٦ جنس وأكثر من ١٧٠ نوع، شائعة الإنتشار عالمياً.

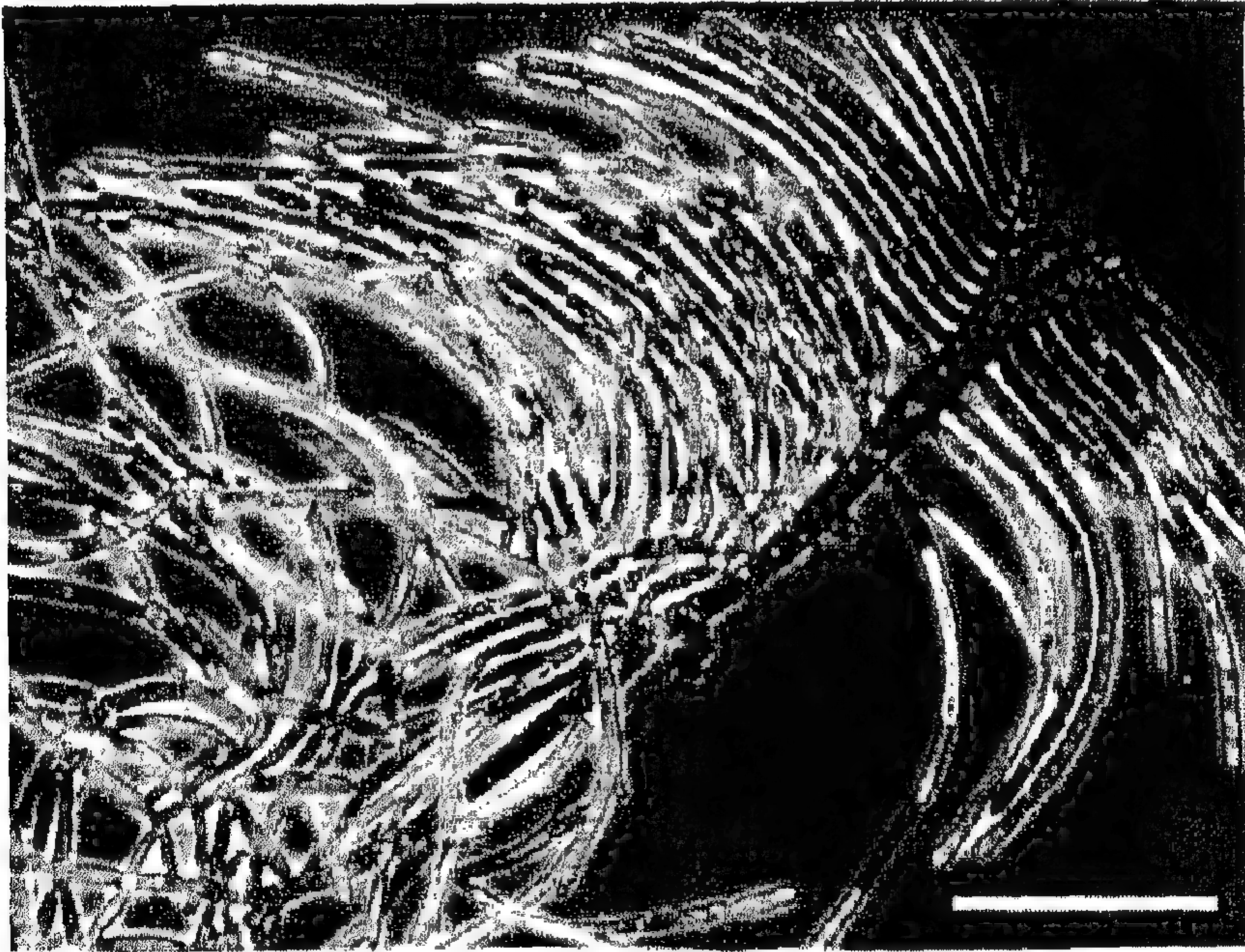
يوضح شكل (٤-٣-١-٨-١) دورة الحياة العامة لأحد الهاريللات في عائله من الذباب الأسود.



شكل (٤-٣-١-٨-١) : دورة الحياة العامة للهاريللات. الخطوط العريضة تمثل دورة حياة الفطر، الخطوط الرفيعة تمثل دورة حياة الحشرة، علامات الاستفهام توضح مسارات مفترضة.

يتركب الثالوس من قاعدة تثبيت والثالوس الأساسى الذى ينتهى طرفياً أو تحت طرفياً بعضو التكاثر والذى قد يكون جرثومة لا جنسية (شعرية) أو جرثومة جنسية (زيجية). يستعمر الثالوس معدة يرقات الذباب الأسود، متصلاً بالمادة الداخلية للمعى الأوسط أو بكيوتيكل المعى الخلفى عن طريق كلابات دائمة تنتج من الخلية أو الخلايا القاعدية للثالوس، يتباين شكل الكلاب ما بين أجناس الرتبة. يكون الكلاب مستدير فى أنواع جنس *Harpella*، وغالباً ما يكون متفرع ثنائياً ومغطى بغلاف جيلاتينى فى أنواع جنس *Pennella*. ويكون فى أنواع جنس *Smittium* صغير وأحياناً شوكى. ينطوى كيوتيكل المعى الخلفى للذباب الأسود حول الكلاب لأنواع مثل *Gemistellospora homothallica*.

تبدى أنواع رتبة الهاربللات نمطين للثالوس : المتفرع، نموذجياً ذات ثالوس يعطى أفرع جانبية كما فى الفصيلة Legeriomycetaceae (شكل ٤-٣-١-٨-٢) أو غير متفرع Family Haprpellaceae.

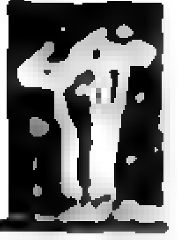


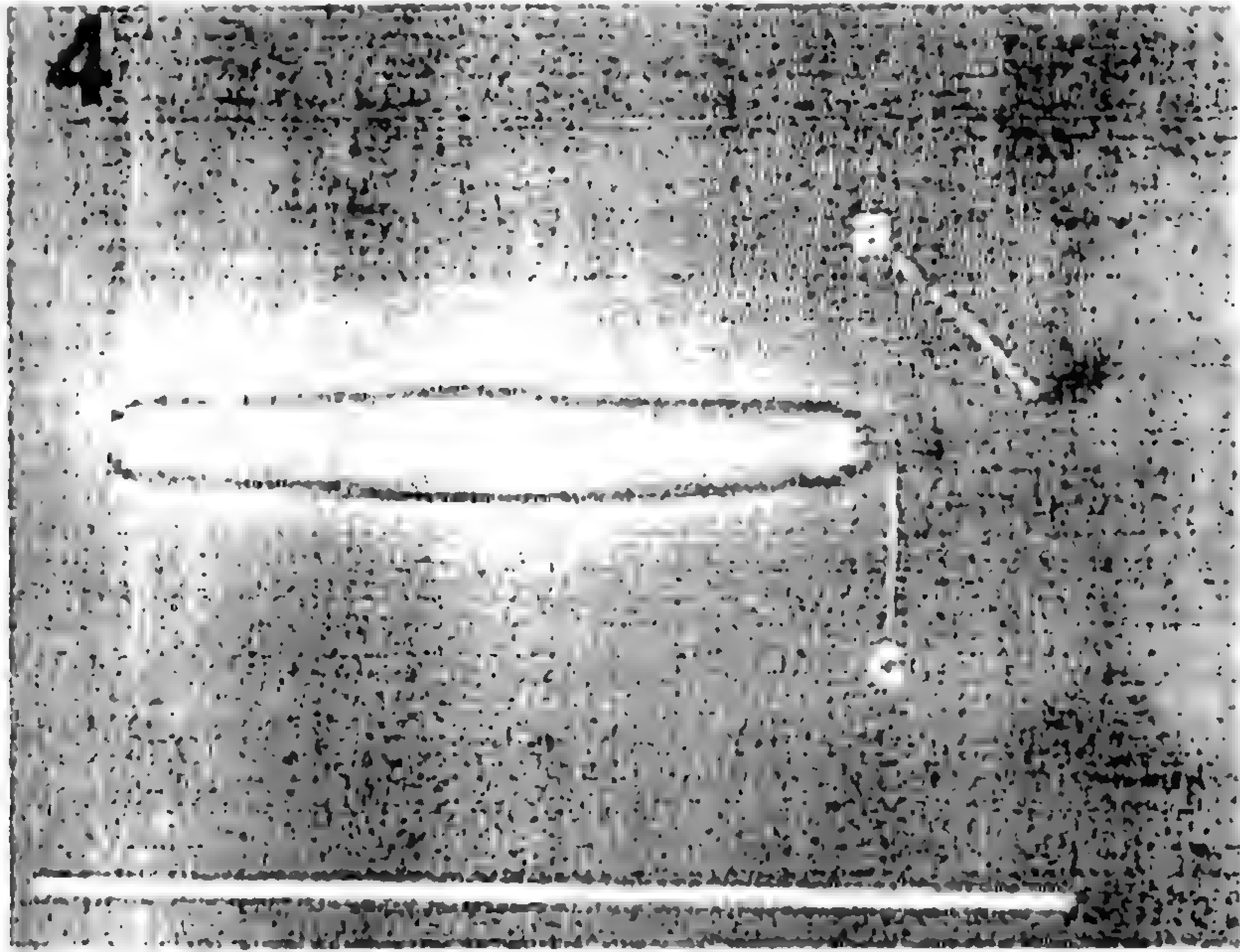
شكل (٤-٣-١-٨-٢) : ثالوس متفرع للجنس *Rennella* متصلاً بالمعى الخلفى لكيوتيكل *Simulium ribulattum*

يرتبط تكوين التراكيب التكاثرية فى الفطريات الراقية بالعوامل الفسيولوجية واللاحيوية. فمن المعروف أن الكتلة الحيوية فى الفطريات الراقية تتزايد مع توافر المغذيات، وتتحول الكتلة الحيوية إلى التراكيب التكاثرية مع قلة المغذيات. ومن المحتمل أن هذه الفطريات تستجيب بصورة مماثلة. فمثلاً، بزراعة أنواع جنس *Smittium* فى أوساط غذائية غنية، تتزايد النمو الخضرى، بينما يؤدى نقص المغذيات لإنتاج وفرة من الجراثيم قبل انسلاخ العائل، وكذا استجابة لهرمونات الإنسلاخ للعائل. ما أن تشرع الذباب الأسود فى الإنسلاخ، فإنها توقف التغذية، وبذا تنقص كمية الغذاء للفطر فى هذا الوقت.

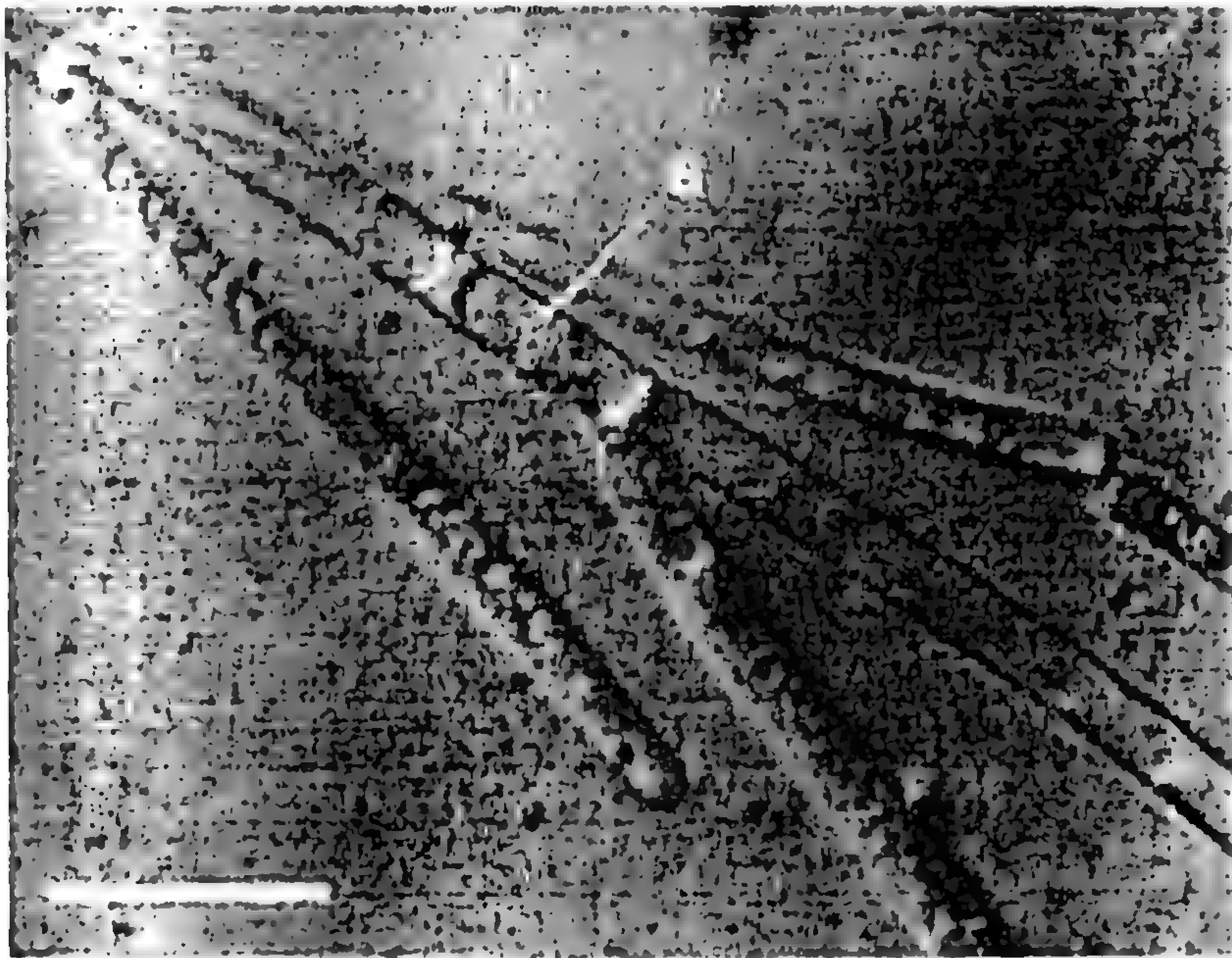
تتكاثر أنواع رتبة الهاربللات لا جنسياً بإنتاج الجراثيم الخيطية، وهى فى واقع الأمر كيس اسبورانجى وحيد الجرثومة، تتكون بالتعاقب القاعدى، تتكون الجراثيم طرفياً أو جانبياً من الخلايا المولدة على الأفرع الخصيبة. وبالرغم من أن الجراثيم وجدت فى جلد انسلاخ الحشرة، فإنها لوحظت فى الغالب فى معدة مفصليات الأرجل، حيث ينمو الفطر.

جراثيم الهاربللات ذات أعداد متباينة من الزوائد القاعدية غير المتحركة، طبقاً للجنس (شكل ٤-٣-١-٨-٣). قد تكون الزوائد ملتفة أو حلزونية داخل الثالوس (ولكنها توجد خارج الغشاء البلازمى (شكل ٤-٣-١-٨-٤)، وذلك قبل أن تنفصل الجرثومة، وفى النوع *Genistellospora homothallica* فإنها تتجه نزولاً على طول الجدار الداخلى، ويعتقد أن الزوائد تتشابك مع الغذاء الذى يستهلكه العائل. كما تسمح الزوائد بالإتصال المباشر مع الشعيرات الدقيقة التى توجد على فصوص مروحة الذباب الأسود أثناء التغذية الإمتصاصية (شكل ٤-٣-١-٨-٥). وفى المعدة، تعمل الزوائد كنتوء خشن على الثالوس الموجود وكذا على غيره من المواد، فتحفظ الجرثومة فى الوسط البيئى المناسب لفترة طويلة من الزمن.

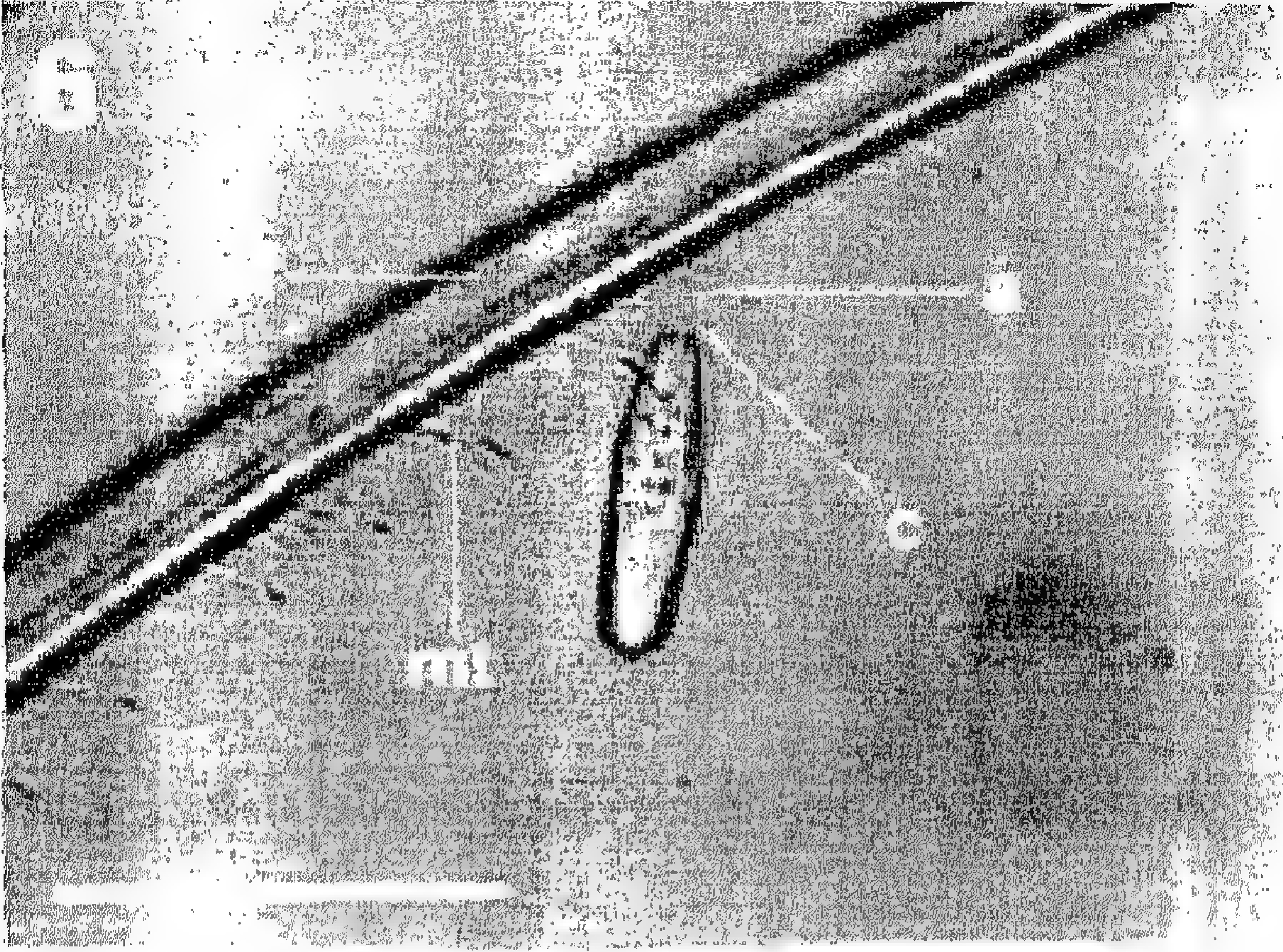




شكل (٤-٣-١-٨-٣): الجرثومة الشعرية فى الفطر *Smittium brasiliense* نامياً على وسط غذائى a زائدة، c تاج

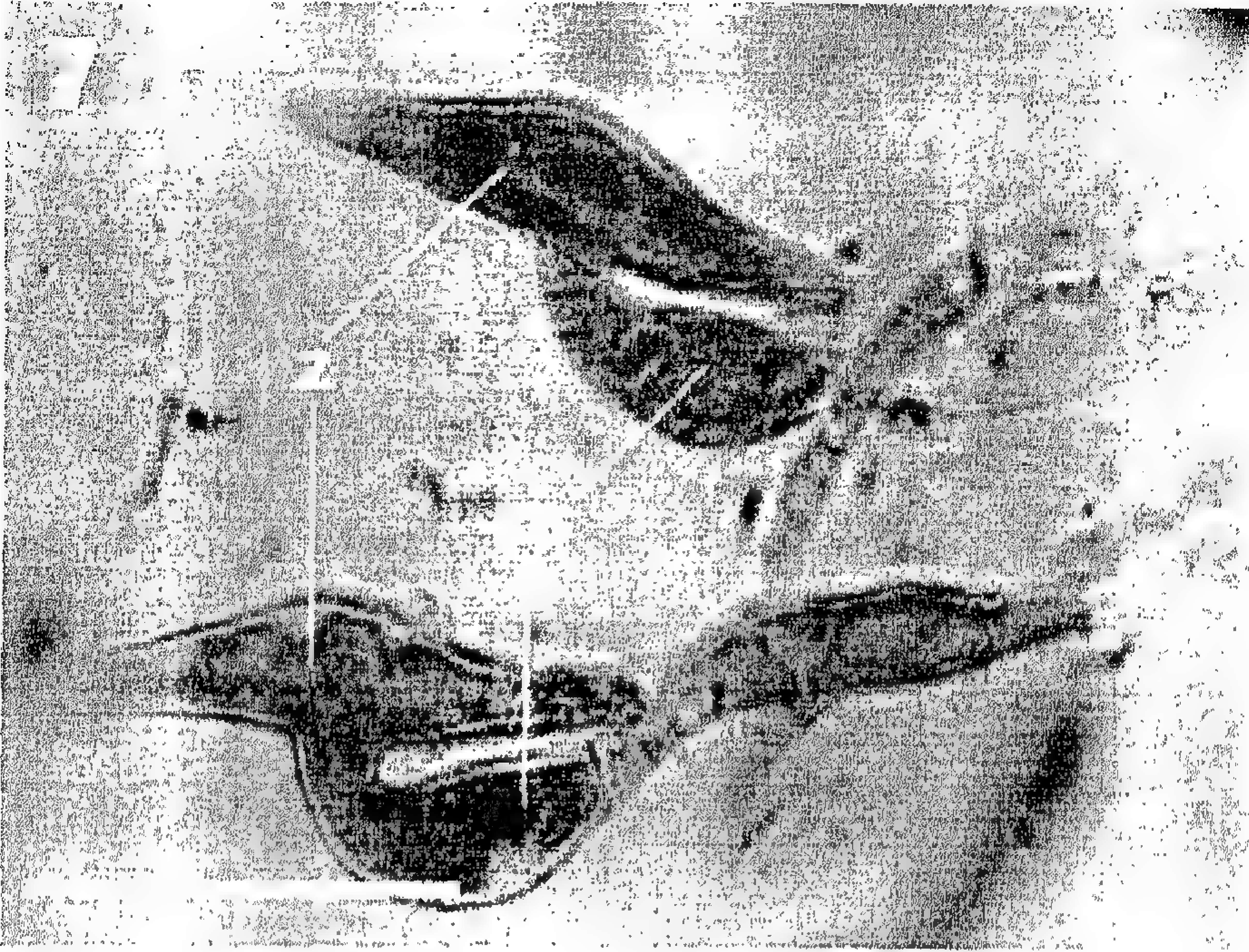


شكل (٤-٣-١-٨-٤) : النوع *Harpella* Sp. من معى *Simulium innoxium* ، S: زائدة حلزونية.



شكل (٤-٣-١-٨-٥) الجرثومة الشعرية للنوع *Smittium culisetae* وقد أمسكت بها أنبوبة دقيقة للفص المروحى لحشرة Simulium tribulatum

تتكاثر الهاربللات جنسياً بالجراثيم الزيجية، والتى أما أن تتموضع طرفياً، أو كما هـو شائع بيئياً (شكل ٤-٣-١-٨-٦) .



شكل (٤-٣-١-٨-٦) : الجراثيم الزيجية فى الهاربلات للنوع *Pennella* sp (مرحلة غير مكتملة النضج فى المعى الخلفى للحشرة .*Simulium* sp ، z : جراثيم زيجية، zs : حوامل زيجية

ويعد موضع تكوين الجراثيم الزيجية صفة هامة مميزة فى رتبة الهاربلات شكل الجرثومة الزيجية قد يؤدى لسرعة قذفها من معى العائل - يتطلب تكوين الجراثيم الزيجية إرتباط ثالوسى فى بعض الأنواع (مثلاً: *Pennella*) ولا يتطلب ذلك فى أنواع أخرى (مثلاً: *Genistellospora*). وتتكون الجراثيم الزيجية على حوامل زيجية، ومن المحتمل بعد الاقتران النووى، مخالفة لغيرها من الزيجوميسيتات بعد الانقسام الإختزالى. قد يكون التكاثر بالجراثيم الزيجية نادراً فى كثير من الهاربلات، وقد يكون قد فقد تماماً فى بعض الأنواع (مثل *Smittium culisetae*).

يعتقد أن الجراثيم الزيجية غير ضرورية لاستعمار العائل، كما يعتقد أن الجراثيم

الزيجية تنتقل من يرقة لأخرى، إلا أن ذلك الفرض لم يثبت صحته حتى الآن. إلا أنه يعتقد أنها تلعب دوراً فى تحمل الظروف غير المواتية.

تقسيم رتبة هاربللات

تشتمل الخواص الشكلية التى تستخدم فى تقسيم الرتبة: الجراثيم الشعرية، الجراثيم الزيجية، الخلية المولدة، والكلاب بالإضافة إلى شكل نمو الثالوس. بعض الصفات التى تستخدم فى تعريف أنواع هذه الرتبة تتأثر بتغير الظروف المناخية. فمثلاً حجم الجرثومة الشعرية لنوع مثل *Smittium megazygosporum* تتباين باختلاف العائل ووسط النمو. فالجرثومة تكون أكثر طولاً وأكثر عرضاً على الوسط الغذائى عما لو وجدت فى حشرة *Simulium innoxium*. ويعد ذلك أمراً شديد الأهمية بسبب استخدام هذه الصفة فى التقسيم حتى مستوى النوع.

بدأ Walker عام ١٩٨٤م الجهود الأولية لتمييز أنواع رتبة Harpellales استناداً للدراسات الجزيئية بدراسة تتابعات SS rRNA وبعدها 18S and 28S rDNA, ITS, 18S rDNA. ولا زالت هذه الدراسات تنتظر التعميم على جميع الأنواع المنتمية لهذه الرتبة. وفيما يلى مفتاح لتعريف الأنواع التى تنتمى لرتبة Harpellales المستعمرة ليرقات الذباب الأسود طبقاً Lichtwardt et al (٢٠٠١م).

١- الثالوس غير متفرع، يتصل بالمادة المحيطية الغذائية ونادراً مع كيوتيكل مقدمة المعى الخلفى..(٢)

Family Harpellaceae

- الثالوس متفرع، يتصل مع كيوتيكل المعى الخلفى..................................(٧)

Family Legeriomycetaceae

٢- الجراثيم الخيطية اسطوانية، غالباً منحنية أو ملتفة (شكل ٤-٣-١-٨-٧) وأحياناً

مستقيمة (شكل ٤-٣-١-٨-٨)، ذات ٤ (نادراً ٢ أو ٣) زوائد..........(٣)

G. Harpella

– الجراثيم الخيطية بيضاوية، مستقيمة، ذات زائدة واحدة

G. Stachylina
Stachylina litoralis

٣- الثالوس أعرض بمرتين من الجرثومة الشعرية

Harpella tica

– الثالوس في نفس عرض أو أقل عرضاً من الجرثومة..........(٤)

٤- الخلية القاعدية مستدقة طول الجرثومة ١١٠ ميكرومتر أو أطول..........(٥)

– الخلية القاعدية مستديرة. طول الجرثومة ١٠٠ ميكرومتر أو أقل..........(٦)

٥- عرض الثالوس ٤-٦ ميكرومتر، عرض الجرثومة ٤,٥ ميكرومتر، الخلية القاعدية تستدق فوق الكللاب مباشرة

Harpella leptosa

– عرض الثالوس ٦-١٠ ميكرومتر، عرض الجرثومة ٦-١٠ ميكرومتر، الخلية القاعدية تستدق بالتدريج فوق الكللاب (شكل ٤-٣-١-٨-٩)

Harpella melusinae

٦- الجرثومة ٨٠-١٠٠ × ٤-٦ ميكرومتر، الكللاب أعرض من الثالوس

Harpella meridianalis

– الجرثومة ٣٣-٥٢ × ٣-٤ ميكرومتر الكللاب أضيق من الثالوس

Harpella amazonica

٧- الجرثومة ذات تاج..........(٨)

G. smittium

– الجرثومة بدون تاج (شكل ٤-٣-١-٨-١)..........(٢١)

٨- طول الجرثومة يزيد عن ٢٤ ميكرومتر..........(٩)

– طول الجرثومة أقل من ٢٤ ميكرومتر..................................(١٢)

٩– عرض الجرثومة يساوى أو أكبر من ٦ ميكرومتر..........................(١٠)

– عرض الجرثومة يساوى ٥ ميكرومتر أو أقل..............................(١١)

١٠– الكللاب ومنطقة قاعدة الثالوس مغطاة بغلاف ميوكولاجينى

Smittium pennelli

– الكللاب ومنطقة قاعدة الثالوس غير مغطاة بغلاف ميوكولاجينى

Smittium coloradense

١١– طول الجرثومة تساوى أو أقل من ٣٠ ميكرومتر..........................(١٢)

– طول الجرثومة يساوى أو أكثر من ٣٦ ميكرومتر

Smittium megazygosporum

١٢– الجرثومة ذات انتفاخ فى الوسط، يزيد متوسط طولها عن ٢٨ ميكرومتر

Smittium acicular

– الجرثومة بدون انتفاخ فى الوسط، متوسط الطول أقل من ٢٨ ميكرومتر

Smittium tronadorium

١٣– عرض الجرثومة أقل من ٣ ميكرومتر..................................(١٤)

– عرض الجرثومة أكبر من ٣ ميكرومتر.................................(١٥)

١٤– الكللاب مدبب – عرض الجرثومة ١,٦ ميكرومتر

Smittium brasiliense

– الكللاب غير مدبب عرض الجرثومة ٢–٣ ميكرومتر

Smittium dipterorum

١٥– طول التاج ٢,٥ ميكرومتر......................................(١٦)

– طول التاج ٣ ميكرومتر أو أطول..................................(١٨)

١٦– الجرثومة أكثر عرضا فى المنتصف

Smittium culisetae

- ا لجرثومة أكثر عرضاً بعد المنتصف................................(١٧)

١٧- الثالوس ذات أفرع كثيفة، عرف فى شيلي

Smittium imitatum

- الثالوس ذات أفرع أقل كثافة، واسع الانتشار

S. morbosum

١٨- عرض الخلية القاعدية يساوى أو أقل من عرض الثالوس......................(١٩)

- عرض الخلية القاعدية أعرض من الثالوس...............................(٢٠)

١٩- الخلايا المولدة ١-٤

S. culicisoides

- الخلايا المولدة ٤-٦

S. culicis

٢٠- الكللاب والمنطقة القاعدية تتألف من ٦ خلايا مرتبة فى حلقة الجرثومة متطاولة، بيضاوية

S. annulatum

- الكللاب والمنطقة القاعدية قوسية الشكل، تشبه الملتوية الجراثيم إسطوانية ذات إنتفاخ وسطى .

S. simulii

٢١- يحاط الكللاب بغلاف ميوكولاجينى (شكل ٤-٣-١-٨-١١)..................(٢٢)

- لا يحاط الكللاب بغلاف ميوكولاجينى.................................(٢٩)

٢٢- الجرثومة بيضاوية أو كمثرية منعكسة، ذات زوائد رقيقة. الجرثومة الزيجية توازى الحامل الزيجى، واسعة الانتشار عالمياً...............................(٢٣)

G. Pennella

- الجرثومة إسطوانية، ذات زوائد تاجية. الجرثومة الزيجية عمودية على الحامل الزيجى.

عرف فى أوروبا

Stipella vigilans

٢٣- طول الجرثومة أقل من ٤١ ميكرومتر..(٢٤)

- طول الجرثومة حوالى ٤١ ميكرومتر أو أطول..................................(٢٥)

٢٤- الجرثومة بيضاوية، طولها ٢٨ ميكرومتر أو أطول، وعرضها ٦ ميكرومتر أو أقل، الجرثومة الزيجية طولها ٨٠ ميكرومتر أو أقل وعرضها ١٣,٦ ميكرومتر

Pennella hovasii

- الجرثومة بيضاوية، طولها ٢٨ ميكرومتر أو أطول، عرضها ٧ ميكرومتر. الجرثومة الزيجية طولها ٧٤ ميكرومتر أو أطول وعرضها ١٦ ميكرومتر

P. simulii

٢٥- الجرثومة بيضاوية أو كمثرية منعكسة..(٢٦)

- الجرثومة إسطوانية (شكل ٤-٣-١-٨-١٢)..(٢٨)

٢٦- الجرثومة بيضاوية...(٢٧)

- الجرثومة كمثرية منعكسة

P. arctica

٢٧- الكللاب مدبب الرأس أبعاد الجرثومة حوالى ٤٢×١٤ ميكرومتر

P. asymetrica

- الكللاب متفرع ثنائياً (شكل ٤-٣-١-٨-١٣) أبعاد الجرثومة ٦٠×٨-١٩ ميكرومتر

P. montana

٢٨- طول الجرثومة حوالى ٨٠ ميكرومتر وعرضها ٤ ميكرومتر

P. angustiispora

- طول الجرثومة يساوى ٥٩ ميكرومتر أو أقل، أعرض من ٤,٥ ميكرومتر

P. grassei

٢٩- الكللاب على شكل حرف C، ذات مادة عاكسة (شكل ٤-٣-١-٨-١٣). الجرثومة

بيضاوية أو كمثرية منعكسة.......................................(٣٠)

G. Genistellospora

– الكللاب مستدق وليس على شكل حرف C، وإذا كان شكلها C، بدون مادة عاكسة، الجرثومة ثنائية المخروط أو إسطوانية.................................(٣٤)

٣٠– طول الجرثومة ٣٨ ميكرومتر أو أقل..(٣١)

– طول الجرثومة تساوى ٣٩ ميكرومتر أو أكثر.......................................(٣٣)

٣١– طول الجرثومة الزيجية ٥٠–٧٠ ميكرومتر، عرضها تساوى ١٥ ميكرومتر أو أقل.....(٣٢)

– طول الجرثومة الزيجية ١٠٠ ميكرومتر وعرضها ٢٠ ميكرومتر (شكل ٤–٣–١–٨–١٤)

Genistellospora homothalica

٣٢– عرض الجرثومة ٩ ميكرومتر أو أكثر

G. tepidaria

– عرض الجرثومة ٨ ميكرومتر أو أقل

G. tropicalis

٣٣– طول الجرثومة أطول من ٥٠ ميكرومتر، طول الثالوسى أقل من ٢٥٠ ميكرومتر

G. guanacastensis

– طول الجرثومة أقل من ٤١ ميكرومتر، طول الثالوسى أكثر من ٤٠٠ ميكرومتر

G. mbila

٣٤– الجرثومة نموذجياً ذات قبعة طرفية أو خيوط دقيقة (أنواع جارى تعريفها)

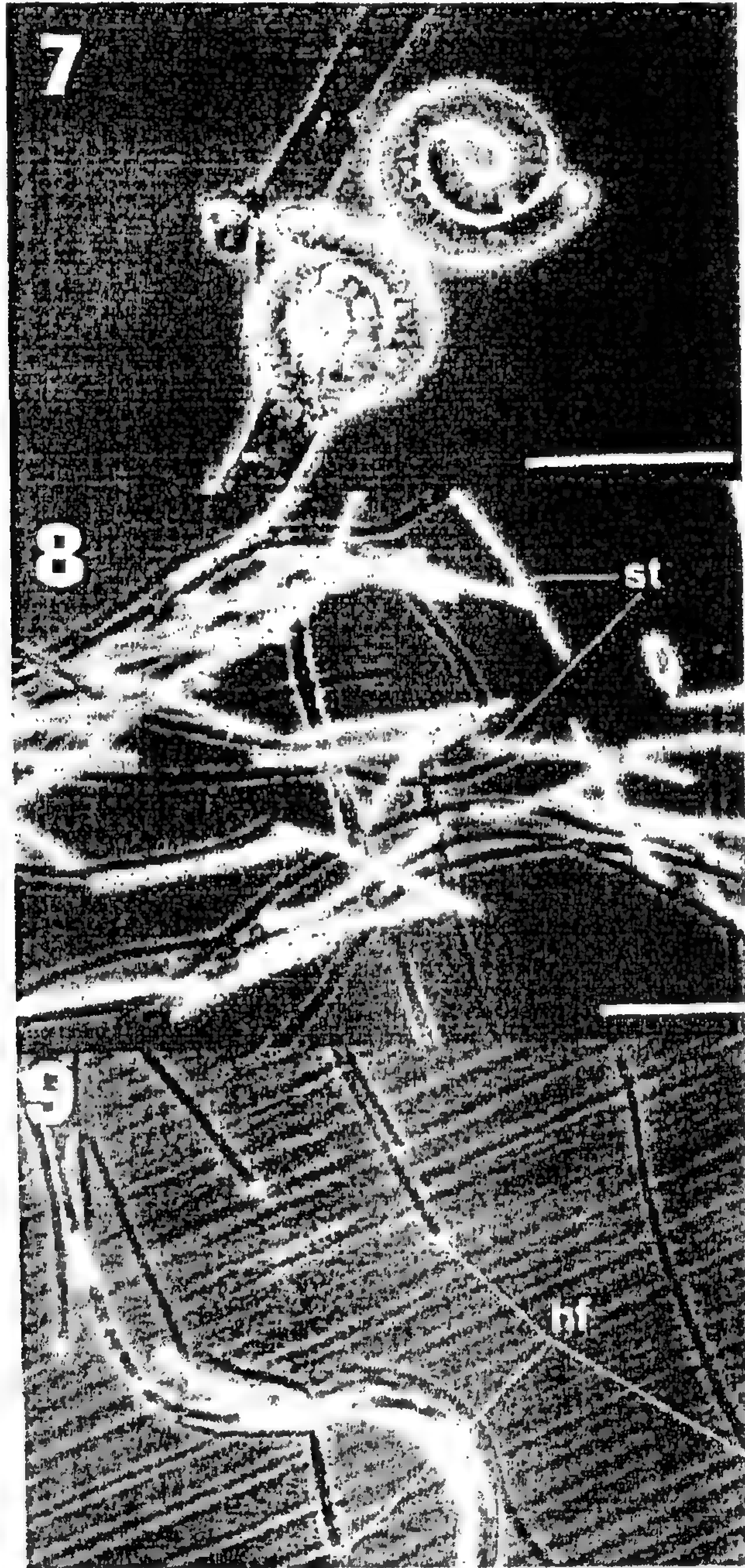
– الجرثومة ليست ذات قبعة طرفية أو خيوط دقيقة...............................(٣٥)

٣٥– الجرثومة ثنائية المخروط، يتصل الثالوسى بكيوتيكل المعى الخلفى

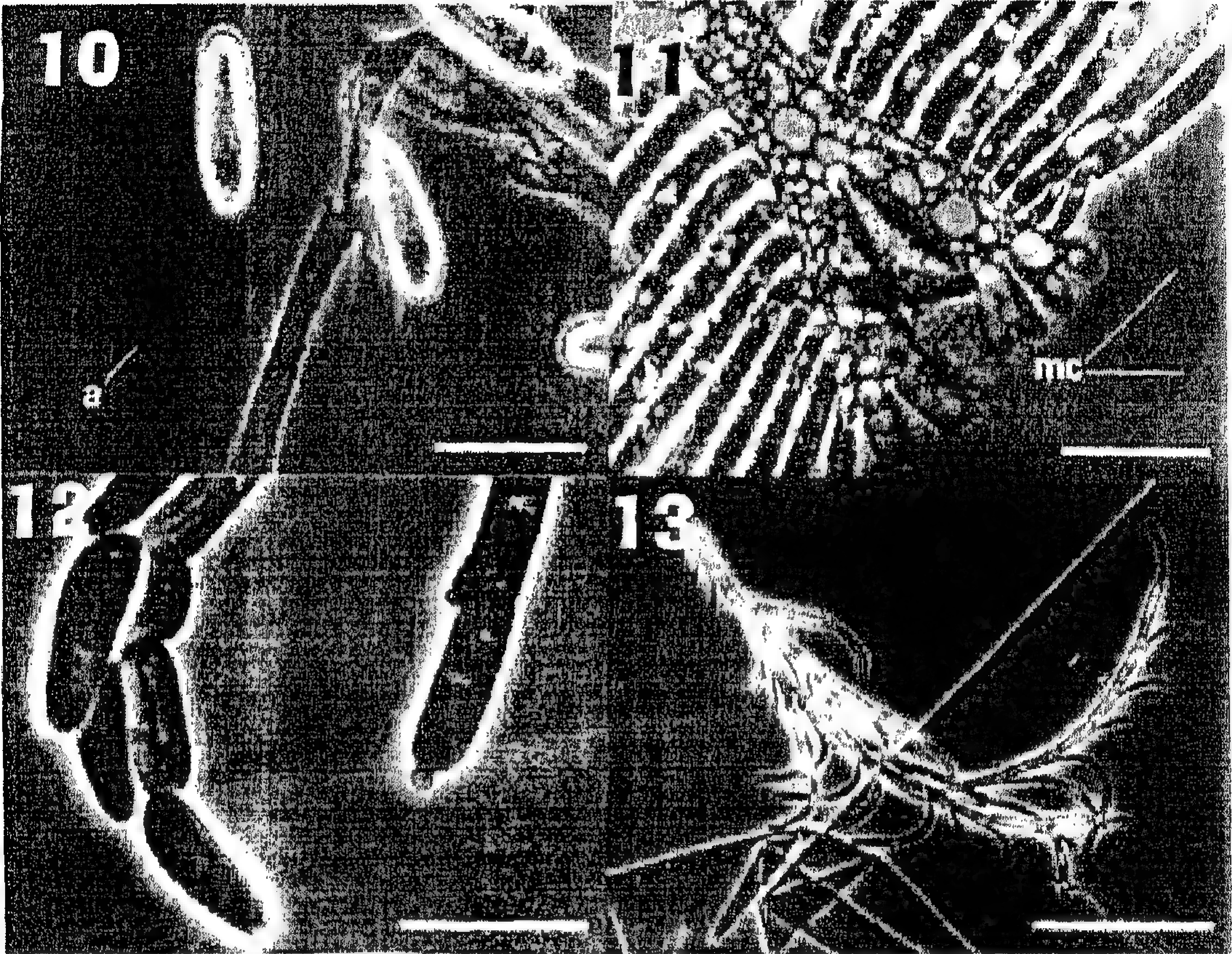
G. biconica

– الجرثومة اسطوانية (شكل ٤–٣–١–٨–١٥)، يتصل الثالوس نموذجياً بأنواع *Paramoebidium* (شكل ٤–٣–١–٨–١٦) وأنواع *Genistellospora* وأنواع *Pennella*

Simuliomyces microsporus



الأشكال (٤-٣-١-٨-٧و ٨، ٩): أنواع جنس *Harpella* فى يرقات الذباب الأسود (٧) النوع *H. melusinae* فى *Simulium tuberosum* (٨) Harpella sp. فى *S. innoxium* St. = جرثومة مستقيمة (٩) النوع *H. melusinae* فى يرقة S. innoxium ، hf = كُلّاب ، الخط = ١٠٠ ميكرومتر.



الأشكال (٤-٣-١-٨-١٠ و ١١ و ١٢ و ١٣) : أنواع جنسى *Pennella , Genistellospora* فى يرقات الذباب الأسود.

(١٠) : النوع *G. homothallica* الجراثيم فى المعى الخلفى ليرقة *Simulium tuberosum* ، a) زائدة.

١١) كلاب النوع *P. hovassi* فى المعى الخلفى ليرقة *S. tuberosum*. mc = عطاء ميوكولاجينى

١٢) جراثيم *P. hovassi* فى المعى الخلفى لنفس اليرقة.

١٣) *Pennella* sp فى المعى الخلفى لنفس الحشرة.

الأشكال (٤-٣-١-٨-١٤ و ١٥ و ١٦ و ١٧ و ١٨ و ١٩) : أنواع أجناس *Simuliomyces, Pennella,* *Genistellospora* في يرقات الذباب الأسود.

١٤) *Pennella* sp. في المعى الخلفى ليرقة حشرة *Simulium innoxium*

hf – كلّاب. الخط = ٣٠ ميكرومتر.

١٥) جراثيم نفس النوع السابق فى المعى الخلفى ليرقة نفس الحشرة.

١٦) النوع *G. homothalica* فى المعى الخلفى ليرقة حشرة *S. notiale*.

١٧) الجراثيم الزيجية للفطر السابق فى المعى الخلفى لنفس الحشرة z) جرثومة زيجية، 2S حامل زيجى.

١٨) النوع *S. microsporus* فى المعى الخلفى ليرقة *S. tuberosum*.

١٩) النوع السابق متصل مع *Paramoebidium* sp (أ) فى المعى الخلفى للحشرة السابقة.



مراجع للاستزادة

- Alexopoulos. C.I., C.W. Mims, and M. Blackwell. 1996. Introductory Mycology (4th Ed.) John Wiley and Sons, New York, U.S.A. 888p.

- Alvarez, O.A. J.A. Maples, F.O. Tio, and M. Lee. 1995. Severe diarrhea due to *Cokeromyces recurvatus* in a bone marrow transplant recipient. AJG 90: 1350 – 1351.

- Baijal, U., and B.S. Mehrotra. 1968. An interesting species of *Piptocepalis*. Zbl. Bakt, Abt. II, 122: 181-184.

- Baijal, U. 1963. Linderina pennispora Raper & Fennell from India. Mycopath. Mycol. Appl. 21: 109 – 111.

- Baker, K.L.. E.S. Beneke, G.R. Hooper and W.G. Fields 1977. Host range and anexic culture of the mycoparasite *Syncephalis sphaerica* (Mucorales). Mycologia 69: 1008-1015.

- Barron, G.L. 1983. A new Amoebophilus (Zygomycetes) ectoparasitic on amoebae. Canadian Journal of Botany 61: 3091 – 3094.

- Barron, G.L. 1980. A new genus of the Zygomycetes. Canad. J. Bot. 58: 2450 – 2453.

- Barron G.L. 1975. Nematophagus fungi: *Helicocephalum*. Trans. Briit. Mycol. Soc. 65: 309 – 310.

- Barron, G.L. 1973. Nematophagus fungi: *Rhopalomyces elegans*. Canad. I. Bot. 51: 2505 – 2507.

- Barron, G.L., C. Morikawa, and M. Saikawa. 1990. New *Cephaliophora* species capturing rotifers and tardigrades. Canadian Journal of Botany 68 : 685 – 690.

- Beakes. G.W., and G.M. Campos-Takaki. 1984. Sporangiole ultrastructure in Ellisomyces anomalus (Mucordes, Thamnidiaceae). Trans. Brit. Mycol. Soc. 83: 607 – 613.

- Beakes, G.W., G.M. Campos-Takaki, M. Takaki, and S.M.C. Dietrich. 1984. Cultural, physiological and structural aspects of thallospore formation and germination in Elliomyces anomalus (Thamnidiaceae) Trans. Brit. Mycol. Soc. 83: 593 – 605.

- Benjamin, R.K. 1985. A new genus of the Piptocephali-diaceae (Zoopagales) from Japan. Bot. J. Linn. Soc. 91: 117 – 133.

- Benjamin, R.K. 1963. Addenda to "The Merosporangiferous Mucorales" II. Aliso 5: 273 – 288.

- Benjamin, R.K. 1985. A novel new species of *syncephalis* (Zoopagales: Piptocephalidaceae) from California that forms hypogenous merosporangia. Aliso 11: 11-15.

- Benjamin, R.K. 1966. The merosporangium. Mycologia 85 : 1 – 42.

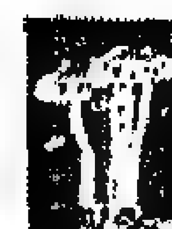
- Benny, G.L., and K.L. O'Donnell. 1978. *Choanophora trispora* in: M.S. Fuller (ed.) lower ungi in the laboratory.

- Benny, G.L., R.K. Benjamin, and P.M Kirk. 1992. A reevaluation of *Cunninghamellaceae* (Mucorales). Sigmoideomycetaceae (Mucorales). Sigmoideomycetaceae fam. now and Reliculocphalis gen. nov.; cladistic analysis and description of two new species. Mycologia 84: 615 – 641.

- Benny, G.L. P.M. Kirk, and R.A. Samson. 1985. Observations on Thamnidiaceae (Mucorales). III Mycotyphaceae fam. nov. and re-evaluation of *Mycotypha sens* Benny and *Benjamin* illustrated by two species. Mycotaxon 22: 119-148.

- Benny, G.L., and R.K. Benjamin. 1976. Observations on thamnidiaceae (Mucorales). II. *Chaetocladium*, *Cokeromyces*, *Mycotypha*, and Phascolomyces. Aliso 8: 391 – 424.

- Benny, G.L. and R.K. Benjamin. 1975. Observations on thamnidiaceae (Mucorales). New taxa, new combinations, and notes on selected species. Aliso 8: 301 – 351.



- Benny, G.L., R.K. Benjamin, and P.M. Kirk. 1992. A reevaluation of Cunninghamellaceae (Mucorales). Sigmoideomycetaceae fam. Nov. and *Reticulocephalis* gen. nov., cladistic analysis and description of two new species. Mycologia 84: 615-641.

- Berch, S.M., and M.A. Catellano. 1986. Sporulation of *Endogone pisiformis* in axenic and monaxenic culture. Mycologia 78: 292 – 295.

- Berch, S.M. and J.A. Fortin. 1983. *Endogone pisiformis*: axenic culture and associations with *Sphagnum*, *Pinus Sylvestris*, *Allium Cepa* and *Allium porrum*. Can. J. Bot. 61: 899 – 905.

- Berch, S.M., and J.A. Fortin. 1984. Some sporocarpic Endogonaceae from eastern Canada. Can. J. Bot. 62: 170 : 180.

- Berry, C.R. 1959. Factors affecting parasitism of *Piptocephalis* virginiana on other Mucorales. Mycologia 51: 824-832.

- Berry, C.R., and H.L Barnett. 1957. Mode of parasitism and host range of *Piptocephalis virginiana*. Mycologia 49: 374 – 386.

- Cafaro, M. 2005. Eccrinales (Trichomycetes) are not ungi, but a clade of protests at the early divergence of Animals and fungi. Molecular Phylogenetics and Evolution 35: 21 – 34.

- Chang, Y. 1967. Linderia macrospora sp. nov. from Hong Kong. Trans. Brit. Mycol. Soc. 50: 311 – 314.

- Chien, C.Y. 1971. A new species of *Coemansia*. Mycologia 63: 1046 – 1050.

- Chien, C.Y. 1998. *Thamnocephalis quadrupedata* a mycoparasite on cultures of frog fungus. Sixth Inter. Mycological Cong. Abstracts. IMCG, Jerulsalem P. 110.

- Das-Gupta, S.N., and U. Shome. 1965. *Acoulopage pectospora* Drech., a new record from Indian soilc. Mycopathologia Mycologia Applicata 30: 145 – 148.

- Dayal, R. and S.S. Srivastava. 1979. A few zoopageous species destructive to soil amoebae. Indian Phytopathology 32 : 397 – 400.
- Dayal, R., and S.S. Srivastava. 1979. Three catenulate conidial Phycomycetes destructive to soil amoebae Indian Phytopathology 32: 409 – 412.
- Dgawa, Y., S. Hayashi S., Y. Degawa, and Y. Yaguchi. 2001. Ramicandelaber, a new genus of the kickxellaleles, Zygomycetes. Mycoscience 42: 193 – 1999.
- Dick, M.W. 1990. The systematic position of *Zoophagus insidians*. Mycological Research 94: 347 – 354.
- Domsch, K.H., W. Gams, and T.H. Anderson. 1980. Compendium of soil fungi. Volume 1. Academic Press, London, U.J.
- Drechsler, C. 1934. A new species of *Helicocephalum*. Mycologia 26: 33 – 37.
- Drechsler, C. 1957. A nematode-capturing phycomycete forming chlamydospores terminally on lateral branches. Mycologia 59: 387 – 391.
- Drechsler, C. 1949. An *Endocochlus* having binary helicoids thalli of left-handed rotation. Mycologia 41: 229-251.
- Drechsler, C. 1937. New zoopagaceae destructive to soil rhizopods. Mycologia 29: 229 – 249.
- Drechsler, C. 1942. New species of *Acaulopage* and *Cochlonema* destructive to soil amoeba. Mycologia 34: 274 – 297.
- Dobbs, C.G. 1938. The life history and morphology of *Dicranophora fulva* schrot Trans. Brit. Mycol. Soc. 21 : 167 – 192.
- Dobbs, C.G, and M.P. English. 1954. *Piptocephalis xenophile* sp. nov. parasitic on non-mucorine hosts. Trans. Brit. Mycol. Soc. 37: 375-389.



- Duddington, C.L. 1953. A new species of *Stylopage* capturing amoebae in dung. Annals of Botany, n.s. 17: 127 – 129.

- Ellis, D.H. 1981. Sporangiospore ornamentation of thermophilic *Rhizopus* species and some allied genera. Mycologia 73: 511-523.

- Embree, R.W. 1962. A new species in the genus Chaetocladium. Mycologia 54: 305 – 308.

- Ferrington, L.C., R.W. Lichtwardt, B. Hayford, and M.C Willams. 2005. Symbiotic Harpellaes (Tricho-mycetes) in Tasmanian aquatic insects. Mycologia 97: 254 – 262.

- Gerdemann, J.W. 1974. The Endogonaceae in the Pacific northwest. Mycologia Mem. 5: 1 – 76.

- Gottlieb, A.M. and R.W. Lichtwardt. 2001. Molecular variation within and among species of Harpellales. Mycologia 93: 66 – 81.

- Gruhn, U. and H. Petzold. 1991. Two new species of *Syncephalis* (Zoopagales, Piptocephalidaceae). Can. J. Microbiol. 37: 355 – 360.

- Harris, J.E. and C. Dennis. 1980. Distribution of *Mucor piriformis*, *Rhizopus sexalis* and *Rh. Stolonifer* in relation to their spoilage of strawberries. Trans. Br. Mycol. Soc. 75: 445 – 450.

- Hesseltine, C.W. 1991. Zygomycetes in food fermentations. The Mycologist 5: 162-169.

- Hesseltine, C.W. and J.J. Ellis. 1961. Notes on Mucorales, especially *Absidia*. Mycologia 53: 406 – 426.

- Hesseltine, C.W., and P. Anderson. 1956. The genus *Thamnidium* and a study of the formation of its zygospores. Am. J. Bot. 43: 696 – 703.

- Ho, H.M. 2006. A new species of *Piptocephalis* from Taiwan. Botanical Studies 47. 435 – 456.

- Ho, H.M. 2003. The merosporangiferous fungi from Taiwan (III): Three new records of Piptocephalidaceae (Zoopagales, Zygomycetes). Taiwania 48: 53-59.
- Inui, T., Y. Takeda, and H. Ilzuka. 1965. Taxonomical studies on genus *Rhizopus*. J. gen. appl. Microbiol., Tokyo 11.
- Jackson, H.S., and E.R. Dearden. 1948. *Martensella corticu* Thaxter and its distribution. Mycologia 40: 168 – 176.
- Jeffries, P. and T.W.K. Young 1983. Light and electron microscopy of vegetative hyphae, septum formation, and yeast-mould dimorphism in *Cokeromyces recurvatus*. Protoplasma 117: 206 – 213.
- Jones, F.R., and M. Peach 1959. *Acaulopage tetraceros* Drechsler var. longa sp. Nov. Transaction of the British Mycological Society 42: 95-96.
- Kirk, P.M. 1984. A monograph of the choanophoraceae Mycol. Raper 152: 1 – 61.
- Kirk, P.M., and J.P. Kirk. 1984. *Dimargaris*, a genus new to the British isles. Trans. Brit. Mycol. Soc. 82: 551 – 553.
- Kirk, P.M., P.F. Cannon, J.O. David, and J. Stalpers. 2001. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi 9th ed. CAB International, Wallingford, U.K.
- Krejzova, R. 1978. Taxonomy, morphology and surface structure of *Basidiobolus* sp. Isolate. J. Inverteber. Pathol. 31: 157 – 163.
- Kurihara, Y., and Y. Degawa. 2006. *Pinnaticoemansia*, a new genus of kickxellales, with a revised key to the genera of kickxellales. Mycoscience 47: 205 – 211.
- Kurihara, Y., Y. Degawa and S. Tokumasu. 2001. A new genus Myconymphaea (Kickxellales) with peculiar septal plugs. Mycol. Res. 105: 1397-1402.



↬ Kurihara, Y., Y. Degawa, and S. Tokumasu. 2004. Two novel kickxellalean fungi, *Mycoemilia scoparia* gennov. and *Ramicandelaber brevisporus* sp. Nov. Mycol. Res. 108: 1143-1152.

↬ Kwasna, H. G.L. Bateman and W.A.J.M. Dawson. 1999. *Coemansia* species from the rhizosphere of wheat and barley in the United Kingdom. Mycol. Res. 103: 896 – 900.

↬ Kwasna, H., M.J. Richardson, and G.L. Bateman. 2002. Morphological variation in the *Coemansia spiralis* complex. Mycol. Res. 106: 252 – 256.

↬ Lichtwardt, R.W. 1984. Species of Harpellales living within the guts of aquatic Diptera larvae. Mycotaxon 19: 529 – 550.

↬ Linder, D.H. 1943. The genera *Kickxella*, *Martensella* and *Coemansia*. Farlowia 1: 49-77.

↬ Manocha, M.S., D. Xiong, and V. Govindsamy. 1997. Isolation and partial characterization of a complementary protein from the mycoparasite *Piptocephalis virginiana* that specifically binds to two glycoproteins at the host cell surface. Can J. Microbicl. 43: 625 – 632.

↬ Mclean, R.C. 1923. A new species of *Sigmoideomyces*. Transaction of the British Mycological Society 8: 244-246.

↬ Meyer, J. 1957. *Martensiomyces pterosporus* nov. gen. nov. sp. Nouvelle kickxellaceé isolee du sol. Bull. Soc. Mycol. France 73: 189 – 201.

↬ Mil'Ko, A.A. 1974. Key to The Identification of Mucorales. Naukova Dumka, Kiev, Ukraine. 303p.

↬ Mil'ko, A.A., and L.A. Beljakova. 1967. Genus *Cunninghamella* Matruchot and taxonomy of Cunninghamellaceae. Microbiologia 36: 684-690.

↬ Misra, P.C. 1975. A new species of *Syncephalastrum*. Mycotaxon 3: 51 – 54.

↬ Misra, P.C. and Klatta. 1979. Studies on Dimargarilaceae (Mucorales) II. A new *Dispra* parasitic on ascomycetous hosts. Mycotaxon 8: 372 – 376.

- Mistry, A. 1977. Zygosporogensis in *Blakeslea trispora* (Mucorales). Microbios 20: 73 – 79.

- Miura, K. 1978. *Amoebophilus dangeardii*, a new zygomycete parasitic on amoebae. Journal of Japanese Botany 53: 184 – 192.

- Miura, K. 1972. Notes on filamentous fungi from Japan (9) The genus *Cochlonema* (Zoopagales). Journal of Japanese Botany 47: 204 – 214.

- Morikawa, C., M. Saikawa, and G. Barron. 1993. Fungal predators of rotifers-a comparative study of *Zoophagus*, *Lecophagus*, and *Cephaliophora*. Mycol. Res. 97: 421-428.

- Nagahama, T.H. Sato, M. Shimazo, and J. Sugiyama. 1995. Phylogenetic divergence of the entomophthoralean fungi: evidence from nuclear 185 ribosomal RNA gene sequences. Mycologia 87: 203 – 209.

- Nelder, M.P.C.E. Beard, P.H. Alder, S.K. Kim, and J.W. McCreadie. 2006. Harpellales (Zygomycota: Trichomycetes) associated with black flies (Diptera Simuliidae) : world review and synthesis of their ecology and taxonomy. Fungal Diversity 22: 121 – 169.

- O'Donnell, K., E. Cigelnik and G.L. Benny. 1998. Phylogenetic relationships among the Harpellales and Kickxellales. Mycologia 90: 624 – 639.

- O'Donnel, K., F.M. lutzoni, T.J. Ward and G.L. Benny. 2001. Evolutionary relationships among mucoralean fungi (Zygomycota): Evidence for family polyphyly on a larg scale. Mycologia 93: 286 – 296.

- Ogawa, Y., S. Hayaski, Y. Degawa and Y. Yaguchi. 2001. *Ramicandelber*, a new genus of the kickxellales, Zygomycetes. Mycoscience 42: 193 – 199.

- Saikawa, M., and H. Sato. 1991. Ultrastructure of *Cochlonema odontosperma*, an endoparasite in amoebae. Mycologia 83: 403-408.

- Saikawa, M., and Y. Aoki. 1995. Taxonomic studies on *Euryancale marsipospora* and *E. saccispora*. Nova Hedwigia 60: 571-581.



- Saito, K., Saito, A., Ohnishi, M. and Y. Oda. 2004. Genetic diversity in *Rhizopus oryzae* strains as relevance sequence of lactate dehydrogenase genes. Arch. Microbiol. 182: 30 – 36.

- SchuBler, A. D. Schwarzott and C. Walker. 2001. A new ffungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution. Mycol. Res. 105: 1413 – 1421.

- Schipper, M.A.A. 1984. A revision of the genus *Rhizopus*. I. The *Rhizopus stolonifer*-group and *Rhizopus oryzae*. Studies in Mycology, No 25.

- Schipper, M.A.A. 1978. 1. On certain species of *Mucor* with a key to all accepted species; 2. On the genera *Rhizomucor* and *Parasitella*. Stud. Mycol. 17:1-71.

- Schipper, M.A.A. and J.A. Stalpers. 1984. A revision of the genus *Rhizopus*. II. The *Rhizopus microsporus*-group. Studies in Mycology, No. 26.

- Stalpers, J.A., 1983. Revision of the genus *Sporotrichum* Stud. Mycol. 24:1-105.

- Stalpers, J.A., and M.A.A. Schipper. 1980. Comparison of zygospore ornamentation in intra-and interspecific matings in related species Mucor

- Thaxter, R. 1922. A revision of the Endogonaceae. Proc. Amer. A Cad. Arts Sci. 57: 291 – 351.

- Thaxter, R. 1914. New or peculiar Zygomycetes. 3: *Blakslea*, *Dissophora* and *Haplosporangium*, nova genera. Bot. Gaz. (Crawfordsville) 58: 353 – 366.

- Volgmayr, H. and I. Krisai-Greilhuber. 1996. *Dicranophora fulva*, a rare mucoraceous fungus growing on boletes. Mycd. Res. 100: 583 – 590.

- Warcup, J.H. 1975. A culturable Endogone associated with eucalypts. Pp. 53-63. In F.E. Sanders, B. Mosse, and P.B. Tinker (Eds.). Endomycorrhizas. Academic Press, London.

- Warcup, J.H. 1990. Taxonomy, culture and mycorrhizal association of some zygosporic Endogonaceae. Myed. Res. 94: 173-178.

- Whisler, H.C., and L.B. Travland. 1947. Three new species of *Zoopage predaceous* on terricolous rhizopods. Mycologia 39: 379 – 408.

- Wood, S.N. 1983. *Stylopage anomala* sp. Nov. from dung. Transaction off the British Mycological Society 80: 368 – 370.

- Ya, Y. J., D.N. Pegler, and T.W.K. Young. 1995. Youngiomyces, a new genus in Endogonales (Zygo. Mycotina). Kew Bull. 50: 349-354.

- Yao, Y. J., D.N. Pegler, and T.W.K. young. 1996. Genera of Endogonales. The Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom. 229p.

- Yao, Y. J., D.N. Pegler, and T.W.K. Young. 1995. *Youngiomyces*, a new genus in Endogonales (Zygomycotina). Kew Bull. 50: 349-357.

- Young, T.W.K. 1999. Taxonomy of Kickxellaceae and the radiation of the asexual apparatus. Kew. Bull. 54: 651 – 661.



٤-٣-٢ شعبة الجلوميروميكوتا

Phylum Glomeromycota

فطريات الميكروهيزا الشجرية

Arbuscular mycorrhizal fungi

منذ حوالى ٦٠٠ إلى ٦٢٠ مليون سنة خلت، ظهرت مجموعة من الفطريات ذات الأهمية البالغة فى حياة النبات، والتى يعتقد أنها لعبت الدور الأكبر فى التنوع النباتى الذى نراه الآن على الأرض. هذه المجموعة الإيكولوجية شديدة الخصوصية من الفطريات، تكوّن مع جذور النباتات ما يعرف بالميكروهيزا الشجرية arbuscula mycorrhizae (AM) والتى انعزلت فى خط منفصل عن الفطريات الأسكية والفطريات البازيدية، وقد أمكن إكتشاف جراثيم وهيفات هذه المجموعة من الفطريات فى الصخور القديمة للعصر الأردوفيشى (٤٦٠ مليون سنة) (شكل ٤-٣-٢-١) لذا فإنها تعد من أقدم الحفريات المعروفة للفطريات حتى الآن.



شكل (٤-٣-٢-١) : حفرية لجرثومة جلومورية من العصر الأردوفيشى (٤٦٠ مليون سنة مضت). طول الخط ٥٠ ميكرومتر

(American association for the advancement of science, 2000)

أما أقدم التراكيب الشجرية التى وجدت حتى الآن، فقد وجدت فى الأرض المبكرة من العصر الديفونى (٤٠٠ مليون سنة مضت) وقد أكدت هذه الاكتشافات على أن الفطريات الجلومورية قد وجدت فى المراحل المبكرة لاستعمار النباتات للأرض، مما دعم الفرض الذى يرى أهميتها فى ظهور النباتات على الأرض.

الصفات العامة ودورة الحياة :

أفراد هذه المجموعة تعيش تكافلياً داخل جذور النباتات مكونة ما يسمى بالميكروهيزا الشجيرية (شكل ٤-٣-٢-٢) وذلك فى جذور الغالبية العظمى من النباتات العشبية وأشجار المناطق الاستوائية. وتسمى هذه العلاقة بالتكافل المعيشى المزدوج؛ ذلك لأن المشارك الفطرى والعائل النباتي يستفيدان من هذه المعاشرة. يحصل الفطر على السكريات من النبات؛ أما الفطر فيمتد فى التربة مشكلاً جذراً إضافياً للنبات، ويحسّن امتصاص العناصر وعلى الأخص العنصر شديد الأهمية، ضعيف التحرك وهو عنصر الفوسفات.

وبالرغم من وجود عدة أشكال للميكروهيزا، تشتمل على معاشرات فطرية ونباتية مختلفة، إلا أن الميكروهيزا الشجيرية هى الأكثر شيوعاً.



شكل (٤-٣-٢-٢):
التركيب الشجيرى داخل خلية الجذر
مصبوغ بصبغة أسود الكلورازول B

تضم الفطريات الجلومورية حوالى ١٥٠ نوع موصوف موزعة على عشرة أجناس وقد تم تعريف أغلبها طبقاً للصفات الشكلية للجراثيم. ويستخدم حديثاً دراسة تتابعات DNA لتحديد الأنواع.

يمكن تلخيص الصفات العامة للفطريات الجلومورية فى النقاط التالية :

- تكافليات إجبارية.
- تكوّن تركيب شجيرى فى جذور النباتات.
- ذات جراثيم كبيرة عديدة الأنوية ذات جدار يتركب من عدة طبقات.
- ذات هيفات غير مقسمة.

تنمو فطريات الميكروهيزا الشجيرية داخل جذور النباتات دون أن تسبب له أية أعراض مرضية. وهي متكافلات إجبارية. ذلك لأن أحداً لم يستطع الآن تنميتها بعيداً عن المشارك النباتي. وما أن تخترق الجذر. فهى عادة ما تكوّن تراكيب تشبه الشجرة تسمى arbuscules والتى غالباً ما تملأ خلايا الجذر. ونظراً لأن جدر خلايا الشريكين يتم اختزالهما لحد كبير فى السمك على طول سطح الأفرع الشجيرية، لذا فإن المشاركين يكونان شديدى القرب من بعضهما. عرف مثل هذا التخصص التكافلى الشديد أولاً بالميكروهيزا الحويصلية – الوعائية Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza (VAM)، ذلك لأن الفطريات الجلومورية تكوّن أعضاء تخزين يطلق عليها الحويصلات وذلك داخل خلية الجذر.

تعطى الفطريات الجلومورية جراثيم كبيرة الحجم نسبيا (٤٠ – ٨٠٠ ميكرومتر) شكل (٤–٣–٢–٣) ذات جدار مكون من عدة طبقات، شكل (٤–٣–٢–٤)، تحتوى على عدة مئات أو الآلاف من الأنوية. قد تتكون الجراثيم مفردة. أو فى عناقيد أو فى تركيب مميز شكلياً "أجسام ثمرية" يطلق عليه الثمرة الجرثومية (شكل ٤–٣–٢–٥). والفطريات

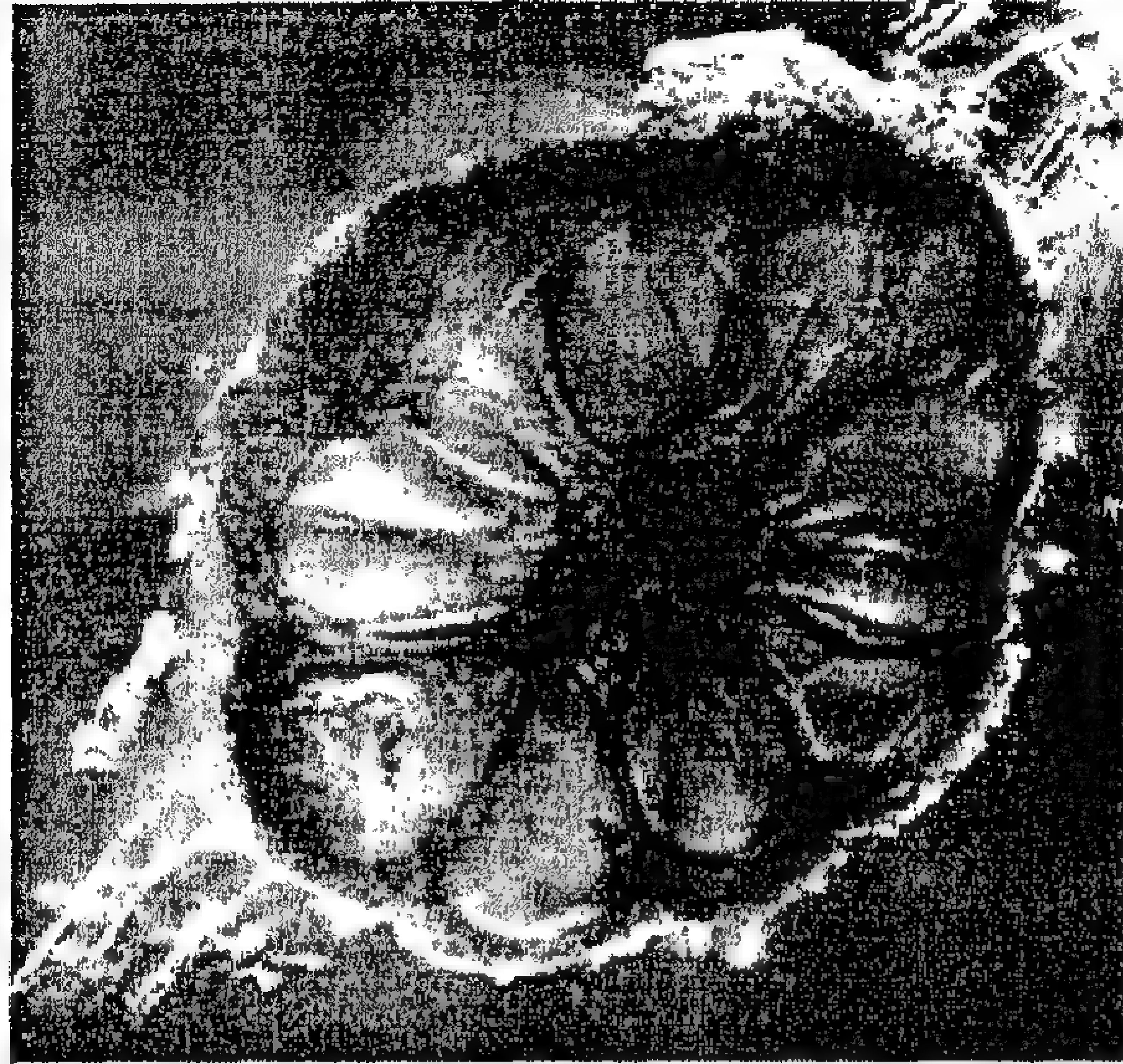
الجلومورية تشبه أغلب الفطريات الزيجية من حيث أن هيفاتها تفتقد للتقسيم المنتظم "الجدر العرضية" وذلك أحد أهم أسباب فصلها عن الفطريات الأسكية والفطريات البازيدية.



شكل (٤-٣-٢-٣) جرثومة *Glomus* sp متصلة بالهيفا المولدة



شكل (٤-٣-٢-٣) جرثومة الفطر *Archaespora leptoticha* وقد تمزقت تحت غطاء الشريحة، يلاحظ الطبقات العديدة التى يتكون منها جدار الجرثومة وكذا النمنمة الواضحة على السطح الخارجي.



شكل (٤-٣-٢-٤): قطاع فى ثمرة جرثومية للنوع *Glomus sinuosurn*.
يلاحظ ترتيب الجراثيم حول مركز من هيفات محاكة ومغطاة بغلاف Peridium قطر الثمرة الجرثومية حوالى ٢٥٠ ميكرومتر.

لا يوجد أى دليل يشير إلى أن الجليرميروميكوتات تتكاثر جنسياً. وقد أثبتت الدراسات التى أجريت باستخدام الواسمات الجزيئية الجينية على عدم اكتشاف حدوث اعادة توالف وراثى، لذلك، فإنه يفترض أن الجراثيم تتكون لاجنسياً. ومن ناحية أخرى، توجد بعض التناقضات حول تماثل أنوية الميسليوم والجراثيم من عدمه، فقد ثبت وجود تباينات بسيطة للجينات المشفرة ribosomal RNA فى الجرثومة المفردة، والذى قد يرجع أو لا يرجع للتباين النووى.

فى الظروف المثلى تنبت الجرثومة، مكونة عضو التصاق على سطح جذر العائل مؤدية لتكوين علاقة تكافلية جديدة. قد تتكون الجراثيم الجديدة على الميسليوم أما داخل أو خارج الجذر (شكل ٤-٣-٢-٥). وبالإضافة للتكاثر المعتمد على الجراثيم، فكثير من أنواع الجلوميروميكوتات يمكنها استعمار النبات العائل من أجزاء الهيفات الموجودة بالتربة، أو مباشرة من المتكافلات التى تستوطن جذور النباتات المجاورة.



شكل (٤-٣-٢-٥) جذور نباتات *Plantago media* يستعمرها الفطر *Glomus clarum* لاحظ وجود الهيفات والجراثيم على سطح الجذر.

وحيث أن هذه الفطريات متكافلات إجبارية؛ فإذا لم تجد الجرثومة النابتة جذر العائل، يتوقف النمو بعد فترة، ويعود السيتوبلازم لداخل الجرثومة. ولما كانت هذه المجموعة من الفطريات لا يمكن تنميتها فى مزارع نقية بعيداً عن العائل، لذا فتستخدم طريقة إكثار خاصة لها وذلك على عائلها النباتى فى أصص تزرع تحت ظروف الصوبة، والجراثيم الناتجة بهذه الطريقة ليست معقمة وتحمل عدداً هائلاً من البكتريا وغيرها من الفطريات. تجمع الجراثيم وتركز عن طريق طرق النخل الرطبة أو بالطرد المركزى. يمكن إكثار الفطريات الجلومورية فى مزارع الجذور أى على جذور النباتات النامية على وسط غذائى معقم فى أطباق بتري، وعادة ما يكون الفطر الجلوميرى غير ملوث بفطريات أخرى ويمكن استخدامه لتجارب البيولوجيا الجزيئية.

يشكل ما يزيد عن ٨٠٪ من الفصائل النباتية علاقات تكافلية مع الفطريات الجلومورية، باستثناء بعض الفصائل منها أفراد الفصيلة الصليبية (مثل الكرنب

والارابيدوبسيس) والقرنفلية (مثل القرنفل) والفصيلة الشينوبودية (مثل السبانخ). ومن ناحية أخرى، فقد ثبت أن النباتات البدائية مثل الحزازيات المنبطحة وذيل الحصانيات تكون مشاركات تكافلية. بالإضافة لذلك، فتوجد علاقة تكافلية منفردة بين البكتريا الخضراء المزرقة Cyanobacteria ومتكافل إجبارى وهو فطر جلوميرى يدعى *Geosiphon pyriformis*. وفى هذه الحالة، فقد انقلبت الأمور، حيث يعد الفطر المتكافل الأكبر macrosymbiont والمشارك البكتيرى الممثل للضوء وهو المتكافل الأصفر microsymbiont.

التقسيم المبكر لفطريات الميكروهيزا الشجيرية

عندما وصف أول فطر في جنس *Glomus*، فقد عرف من تكوينه عناقيد من الجراثيم (يطلق عليها ثمار جرثومية) توجد فى الطبقات العلوية من التربة (1844, Tulasne and Tulasne). وقد لخص Thaxter (١٩٩٢) التأريخ الدراسى له. وفى ذلك الوقت فإن الحويصلات والشجيرات قد تم إيضاحها فى القرن التاسع عشر (Janse, 1896)، حيث عرف أنها تكون تكافليات مع جذور النباتات، وقد كانت أول من أثبت تجريبياً أن الفطر والذى أطلق عليه *Glomus mosseae* هي عالمة الفطر Barbara Mosse هو المسئول عن الاستعمار الميكروهيزى لجذور نباتات الفراولة.

وطبقاً للشكل المورفولوجي، فإن أقرب مجموعة فطريات مماثلة ذات التكاثر الجنسى المعروف تنتمى للجنس *Endogon*، وبالمثل، فإن فطريات الميكروهيزا الشجيرية وضعت معها فى فصيلة واحدة هى (Zygomycota) Family Endogonaceae. ومن المثير للجدل أن وضعها مع *Endogone* حدث بسبب خطأ فى الملاحظة، حيث وجد أن الثمرة الجرثومية تحتوى جراثيم من جنسى *Glomus* , *Endogone* وبالتشابه السطحى افترض أن أحدهما هو الطور الناقص للآخر.

فى عام ١٩٧٤ أجرى Gerdemann and Trappe مراجعة شاملة للمجموعة وخلال ذلك تم اكتشاف جنسين هما *Acaulospora, Gigaspora* ضما إلى الفصيلة Endogonaceae. والفطريات المنتمية لهذه الفصيلة هى تجميع غير طبيعى. وضعت فى رتبة Endogonales.

أجرى تحليل غمافى Cladestic analysis استناداً للخواص الشكلية، تولد عنه Species tree فى رتبة جديدة هى رتبة Glomerales تحوى تحت رتبتين وثلاث فصائل. وقد أثار ذلك عدة تساؤلات، مثلاً، افترض أن الجنس الأكبر *Glomus* ليس وحيد الأصل ومن المحتمل أنه إنعكاس لعدة أجناس أو فصائل، كما أثار Morton (٢٠٠٠) أن وحدة الأصل فى هذه الفطريات أصبحت محل شك.

وقد كان من الطبيعى فصل رتبة Glomerales استناداً لطريقة التغذية، إلا أن موضع هذه الرتبة داخل مملكة الفطريات كان محل تساؤل. فقد وضعت ضمن Zygomycota، إلا أن دلائل البيولوجيا الجزيئية كان لها رأى آخر.

فى عام ١٩٩٨م وصف Cavalier-Smith ما أطلق عليه Glomomycetes والذى عدل ليسمى Glomeromycetes، كصف جديد New class داخل شعبة Zygomycota يضم رتبتين، رتبة Glomerales (AM fungi) ورتبة Endogonales، متجاهلاً الأدلة المعروفة عن العلاقات بين الرتبتين.

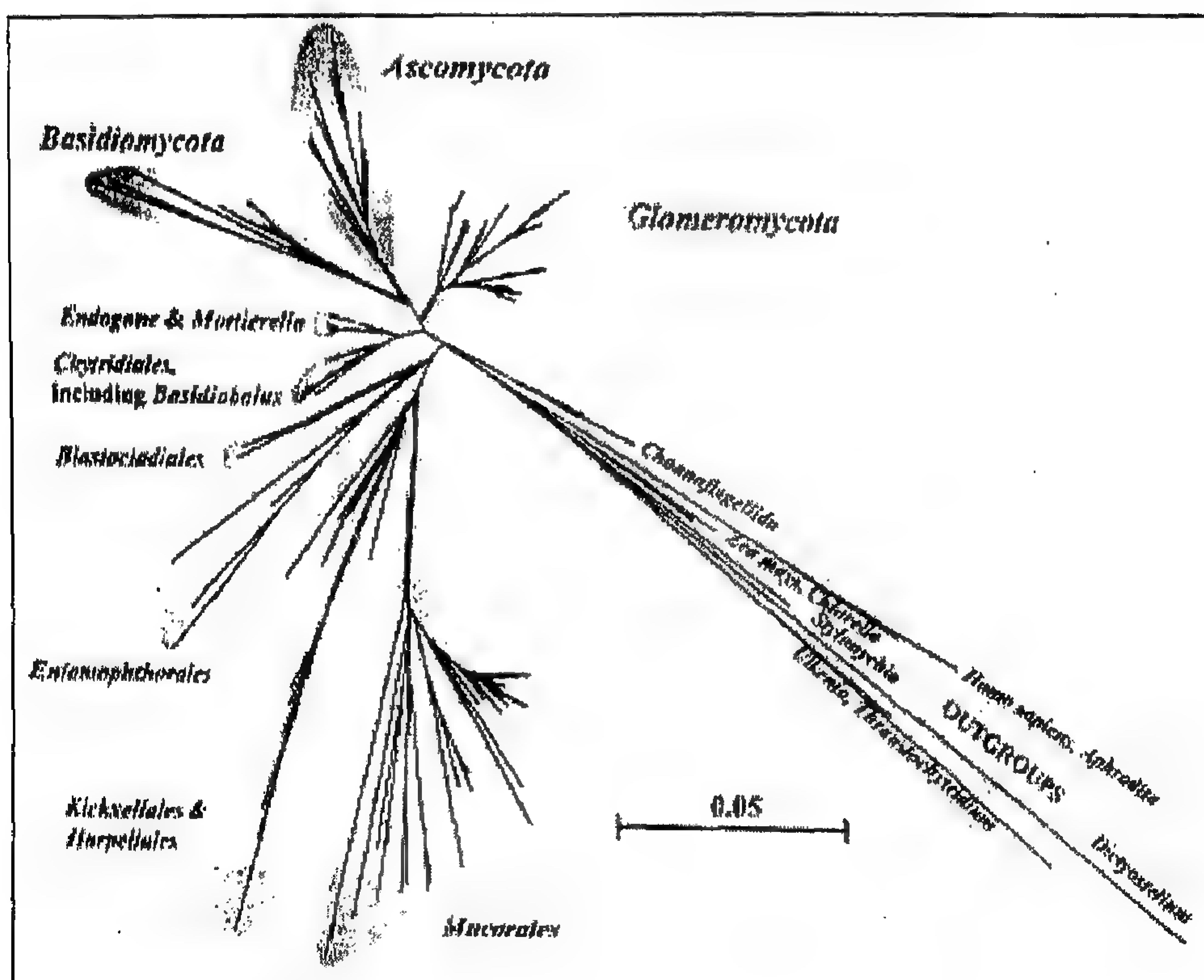
في الدراسة التى أجراها Christopher Walker, Daniel Schwarzott, Arther Schu Bler والتى نشرت عام ٢٠٠١م فى مجلة Mycological Research بعنوان :

A new fungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution.

وذلك استناداً لدراسة مكثفة لتتابعات SSU rRNA، فقد اتضح أن فطريات AM يمكن فصلها فى غمامة وحيدة الأصل، لا ترتبط بأى مجموعة من الفطريات الزيجية، ومن

المحتمل أنها تشترك مع الفطريات الأسكية والفطريات البازيدية فى سلف مشترك.

أثبتت الدراسة أن دراسة التتابعات شبه الكاملة لمجموعة هائلـة مـن AM مـع حـوالى تتابعات ١٠٠ نوع من الزيجوميسيات أنه يمكن فصـل فطريـات AM عـن جميـع مجـاميع الفطريات. وقد ثبتت من المقارنات الفيللوجينيـة الحاسـوبية أن فطريـات AM وكـذا النـوع *Geosiphon pyriformis* تنتمى جميعها إلى غمامة وحيدة السلف والتى قد تشكل مجموعة أخوية لغمامة تشتمل على Ascomycota , Basidiomycota (شكل ٤-٣-٢-٦).



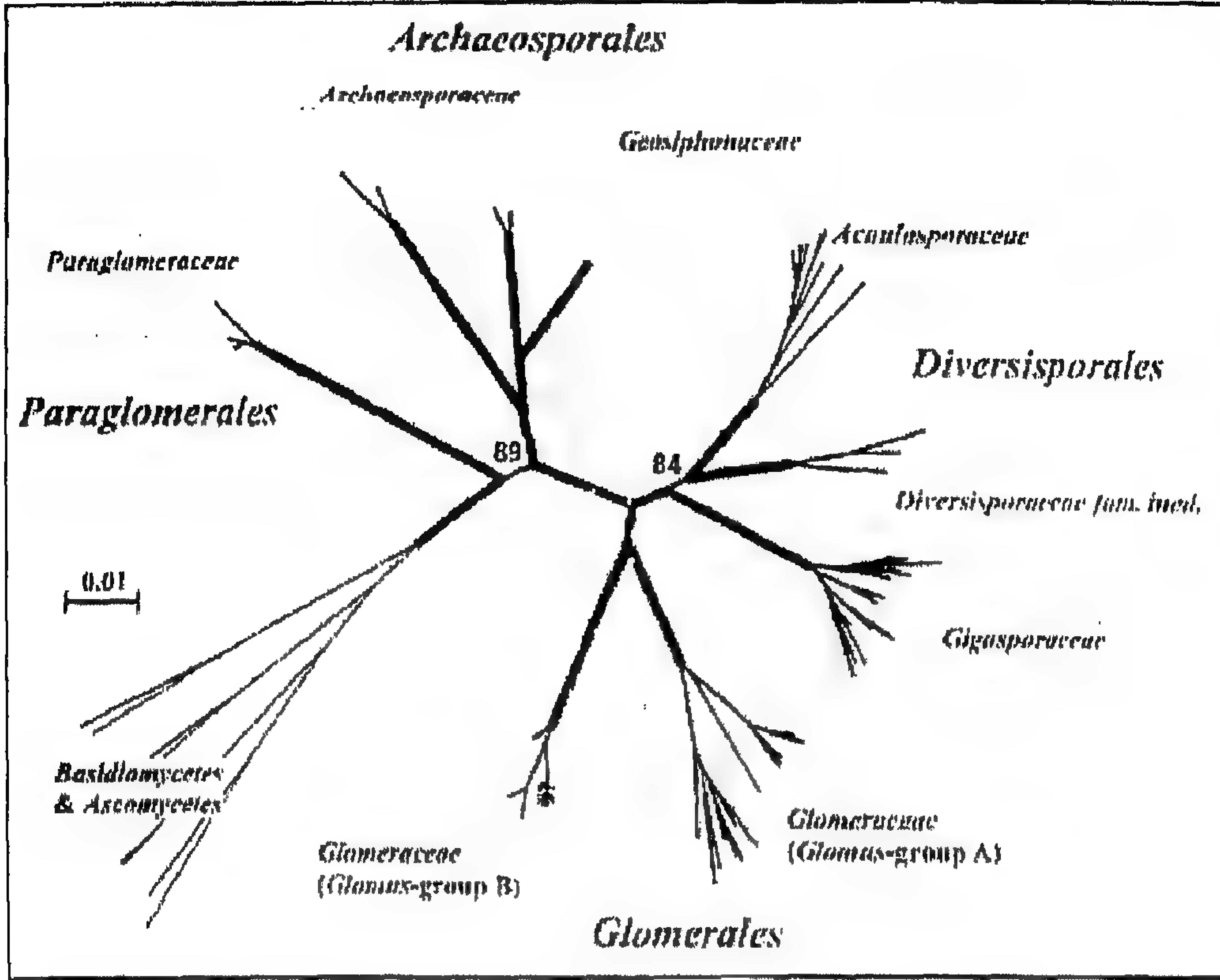
شكل (٤-٣-٢-٦) المخطط الفيللوجينى للفطريات طبقاً لدراسة تتابعات ssurRNA.

هذه الغمامة المستقلة وضعت فى شعبة منفصلة هـى Phylum Glomeromycota وقـد وصفت فطريات هذه الشعبة على أنها "فطريات مدمجة خلوية إلا أنه فـى بعـض الحـالات

توجد جدر عرضية بدون نظام، تعيش أغلبها تحت سطح التربة وبعضها فوقها، تكوِّن جراثيم كلاميدية "في بعض الأجناس" عن طريق النمو البرعمي لطرف الهيفا يتبعه تغليظ لتراكيب الجدار وينفصل عن طريق جدار عرضي. جدار الجرثومة مغلظ، أو تترسب سدادة أمورفية في تجويف الهيفا المولدة والجرثومة. في بعض الأجناس يتكون معقد جراثيم Complex spore ذات جدار صلب كيوتيني ذات حافظة برعمية طرفية أو عن طريق امتداد قاعدة فقاعية، ذات مكونات جدار مرنة أو صلبة. تنشأ الجراثيم مفردة في تجمعات سائبة (بدون تركيب غلافي)، في ثمار جرثومية (ذات غلاف) أو داخل جذور النباتات.

تعيش فطريات هذه الشعبة في التربة أو جذور النباتات أو على سطح التربة، تكوِّن علاقات تكافلية مع الكائنات ذاتية التغذية. حيث تكوِّن ما يسمى arbuscular or vesicular – arbuscular mycorrhiza كما تعطي arbuscular mycorrhiza-like symbiosis مع النباتات اللاوعائية أو endocytosymbioses مع البكتريا الخضراء المزرقة. تضم الشعبة طائفة واحدة وهي Class Glomeromycetes طبقاً لدراسات تتابعات SSUrRNA للأنواع المختلفة التي تضمها هذه الطائفة، ثبت أن الطائفة يمكن تقسيمها إحصائياً إلى ثلاثة فروع رئيسية أحدهما يمثل الرتبة التقليدية وهي رتبة Glomerales ورتبتين كل منهما ذات سلفي خاص وتمثل خطوط تطورية مستقلة هما رتبتي Archaeosporales, Paraglomerales (شكل ٤-٣-٢-٧). بالإضافة لذلك، فمن النظرة الفيلوجينية فإن رتبة Glomerales تمثل برتبتين هما: Diversisporales, Glomerales تعكس المسافة الفيلوجينية الكبيرة والاختلافات الشكلية بين هاتين الغمامتين.





شكل (٤-٣-٢-٧): التركيب التقسيمى المقترح لفطريات AM استناداً إلى تتابعات الجين ssurRNA. الخطوط المغلظة يدعمها درجة قرابة تزيد عن ٩٥٪ ودرجات القرابة الأقل تمثل الفروع. يوضح المخطط الأربعة رتب التى تضمها شعبة AM.

من المخطط المقترح فى الشكل (٤-٣-٢-٧) تتضح الرتب والفصائل التى تضمها طائفة الجلوميروميكوتا وهى :

Order Glomerales
- Fam. Glomeraceae (Glomus-group A)
- Fam. Glomeraceae (Glomus – group B)

Order Diversisporales
- Fam. Acaulosporaceae
- Fam. Diversisporaceae
- Fam. Gigasporaceae

Order Archaeosporales
- Farm. Geosiphonaceae
- Fam. Archaeosporaceae

Order Paraglomerales
Fam. Paraglomeraceae

تضم الفصيلة Glomeraceae (Glomus group A) الأنواع :

Glomus caledonium
Gl. Coronatum
Gl. Fasciculatum
Gl. Fragilistratum
Gl. Geosporum
Gl. Mosseae
Gl. Verruculosum
Gl. coremioides
Gl. intraradices
Gl. manihotis
Gl. proliferum
Gl. sinuosum

تضم الفصيلة Glomeraceae (Glomus group-B) الأنواع :

Gl. vesiculiform
Gl. claroideum
Gl. etunicatum
Gl. lamellosum
Gl. luteum
Gl. vesicosum

تضم الفصيلة Diversisporaceae (Order Diversisporales) الأنواع :

Glomus spurcum
Gl. Etunicatum
Gl. Versiforme

تضم الفصيلة Acaulosporaceae (Order Diversisporales) أأنواع :

Acaulospora laevis
AC. longula
AC. rugosa
AC. foveata
AC. spinosa
Entrophospora colombiana
E. contigua



تضم الفصيلة Gigasporaceae (Order Diversisporales) الأنواع :

Gigaspora alvida
Gi. Candida
Gi. gigantea
Gi. margarita
Scuttellospora aurigloba
S. calospora
S. castanea
S. cerradensis
S. fulgida
S. gilmorei
S. heterogama
S. nodosa
S. nodosa
S. pellucida
S. projecturata
S. spinosissima
S. weresubiae

تضم الفصيلة Paraglomeraceae (Order Paraglomerales) الأنواع :

Paraglomus brasilianum
P. occultum

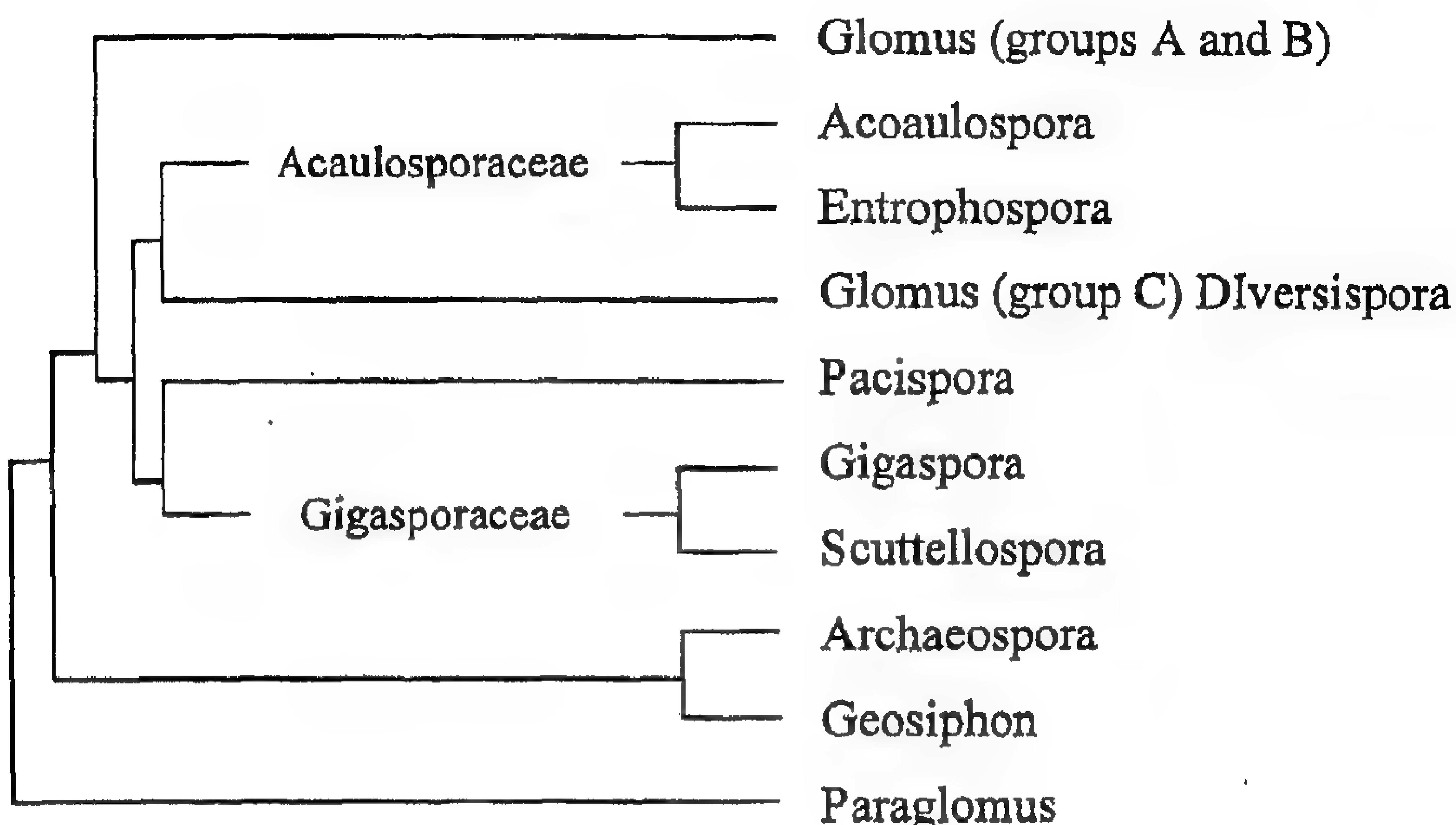
تضم الفصيلة Archaeosporaceae (Order Archaeosporales) الأنواع :

Archaeospora leptoticola
Ar. trappei

تضم الفصيلة Geosiphonaceae (Order Archaeosporales) الأنواع :

Geosiphon pyriformis

ويوضـح المخطـط التـالى للوضـع الفيللـوجينى للأجنـاس العشـرة التـى تضـمها شـعبة الجلوميروميكوتا طبقاً لتحليل تتابعات جين تحت الوحدة الصغيرة الريبوسومية.



مراجع للاستزادة

- Becard, G., Pfeffer, P.E., 1993. Status of Nuclear Division in Arbuscular Mycorrhizal Fungi During In-Vitro Development. Protoplasma 174, 62 – 68.

- Berbee, M.L., Taylor, J.W. 2000, Fungal molecular evolution: gene trees and geologic time, In: Mctaughiin, D.J., Mclaughlin, E.G., Lemke, P.A. (Eds.) The Mycota. Springer Verlag, New York, pp. 229-246.

- Blanciotto, V., Lumini, E., Lanfranco, L., Minerdi, D., Bonfante, P., Perotto, S., 2000. Detection and identification of bacterial endosymbionts in arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the family Gigasporaceae. Applied and Environmental Microbiology 66, 4503-4509.

- Bidartondo, M.I., Redecker, D., Hijri, I., Wiemken, A., Bruns, T.D., Dominguez, L. Sérsic, A., Leake, J.R., Read, D.J., 2002. Epiparasitic plants speciaiized on arbuscular mycorrhizal fungi. Nature 419, 389 – 393.



- Blackwell, M., 2000. Terrestrial life – Fungal from the start? Science 289, 1884 – 1885.

- Corradi, N., Kuhn, G., Sanders, I.R., 2004. Monophyly of beta-tubulin and H+-ATPase gene variants in Glomus intaradices: consequences for molecular evolutionary studies of AM fungal genes. Fungal Genetics and Biology 41. 262-273.

- Fortin, J.A., Becard, G., Declerck, S., Dalpe, Y., St, A.M., Coughlan, A.P., Piche. Y., 2002. Arbuscular mycorrhiza on root-organ cultures. Canadian Journal of Botany 80. 1-20.

- Gehrig, H.. Schubler, A.. Kluge, M., 1996. Geosiphon pyriforme, a fungus forming endocytobiosis with Nostoc (Cyanobacteria) is an ancestral member of the giomales: Evidence by SSu rRNA analysis. Journal of Molecular Evolution 43, 71-81.

- Gerdemann. J.W., Trappe. J.M., 1974. Endogonaceae in the Pacific Northwest. Mycologia Memoirs 5, 1-76.

- Glaninazzi-Pearson, V., Brechenmacher, L. 2004. Functional genomics of arbuscular mycorrhiza: decoding the symbiotic cell programme. Canadian Journal of Botany 82. 1228 – 1234.

- Helgason, T.. Daniell, T.J., Husband, R., Fitter, A.H., Young, J.P.W., 1998. Ploughing up the wood-wide web? Natture 394, 341.

- Helgason, T.. Fitter, A.H., Young, J.P.W., 1999. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi coionisein; Hyacinthoides non-scripta (bluebell) in a seminatural woodiand. Molecular Ecology 8, 659-666.

- Helgason. T., Watson, I.J., Young, J.P.W., 2003. Phylogeny of the Glomerales and Diversisporales (Fungi: Glomeromycota) from actin and elongation factor 1-alpha sequences. FEMS Microbiology Letters 229, 127-132.

- Hendrix, J.W., Jones, K.J., Nesmith, W.C., 1992. Control of Pathogenic Mycorrhizal Fungi in Maintenance of Soil Productivity by Crop-

Rotation. Journal of Production Agriculture 5, 383-386. Hijri. M., Redecker, D., Macdonald-Comber Petetot, J.A., Voigt, K., Wostemeyer, J., Sanders, I.R., 2002. Identification and isolation of two Ascomycete ungi from spores of the arbuscular mycorrhizal fungus Scutellospora. Applied and Environmental Microbiology 68, 4567-4573. Hijri, M., Sanders, I.R.. 2005. Low gene copy number shows that arbuscular mycorrhizal fungi inherit genetically different nuclei. Nature 433, 160-163.

- Kuhn, G., Hijri, M., Sanders, I.R., 2001. Evidence for the evolution of multiple genomes in arbuscular mycorrhizal fungi. Nature 414, 745-748.

- Morton, J.B.. 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: Classification, nomenclature, and identification. Mycotaxon 32, 267 – 324.

- Morton, J.B., Benny, G.L., 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order Glomales, two new suborders Glomineae and Gigasporineae and two new families Acaulosporaceae and Gigasporaceae with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon 37, 471 – 491.

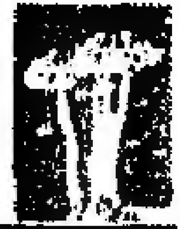
- Morton, J.B.. Bever, J.D., Pfleger. F.L., 1997. Taxonomy of Acaulospora gerdemannii and Glomus leptotichum, synanamorphs of an arbuscular mycorrhizal fungus in Glomales. Mycological Research 101, 625 – 631.

- Morton, J.B., Redecker, D., 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera Archaeospora and Paraglomus, based on concordant molecular and morphological characters. Mycologia 93, 181-195.

- Oehl, F., Sieverding, E., 2004. Pacispora, a new vesicular arbuscular mycorrhizal fungal genus in the Glomeromycetes. Journal of Applied Botany 78, 72-82.

- Pawlowska, T., Talylor, J.W., 2004. Organization of genetic variation in individuals of arbuscular mycorrhizal fungi. Nature 427, 733-737.

- Pirozynski, K.A., Malloch, D.W.. 1975. The origin of land plants: a matter of mycotropism. BioSystems 6, 153-164.



↬ Redecker, D.. Kodner, R., Graham, L.E., 2000a. Glomalean fungi from the Ordovician. Science 289, 1920-1921.

↬ Redecker. D., Morton, J.B. Bruns, T.D., 2000b. Ancestral lineages of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales). Molecular Phylogenetics and Evolution 14. 276-284.

↬ Redecker, D.. Morton, J.B. Bruns, T.D., 2000c. Molecular phylogeny of the arbuscular mycorrhizal fungi Glomus sinuosum and Sclerocystis coremioides. Mycologia 92, 282-285.

↬ Remy, W., Taylor, T.N., Hass. H., Kerp, H., 1994. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. Proceedings of the Nattional Academy of Sciences of the United States of America 91, 11841-11843.

↬ Schüßler, A.. Mollenhauer, D., Schnepf, E., Kluge, M., 1994. Geosiphon pyriforme, an endosymbiotic association of fungus and cyanobacteria-The spore structure resembles that of arbuscular mycorrhizal (AM) ungi. Botanica Acta 107, 36-45.

↬ Schüßler, A.. Bonfantte P., Schnepf, E., Mollenhauer, D., Kluge., M (1996) Characterization of the Geosiphon pyriforme symbiosome by affinity techniques: confocal laser scanning microscopy (CLSM) and electron microscopy. Protoplasma 190: 53-67.

↬ Schüßler, A., Schwarzott, D., Walker, C., 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycological Research 105, 1413-1421.

↬ Schüßler, D., Walker, C., Schüßler, A., 2001. Glomus, the largest genus of the arbuscular mycorrhizal ffungi (Glomales), is non-monophyletic. Molecular Phylogenetics and Evolution 21, 190-197.

↬ Sieverding, E., 1991, Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Managementt. Gesellschaft fur technische zusammenarbeit, Eschborn, Germany.

↬ Simon, L., Bousquet, J., Levesque, R.C., Lalonde, M., 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. Nature 363, 67 – 69.

- Smith, S.E., Read, D.J.. 1997. Mycorrhizal symbiosis. 2nd Edition. Academic Press, London.

- Van der Heijden, M.G.A.. Klironomos, J.N., Ursic, M.. Moutoglis, P.. Streitwolf-Engel, R.. Boller, T.. Wiemken, A., Sanders, I.R.. 1998. Mycorrhizal ffungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature 396, 69-72.

- Vandenkoornhuyse. P., Husband, R., Daniell, T.J., Watson, I.J.. Duck. J.M., Fitter. A.H., Young, J.P.W.. 2002. Arbuscular mycorrhizal community composition associated with two plant species in a grassland ecosystem. Molecular Ecology 11. 1555-1564.

- Walker, C.. 1983. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: spore wall characteristics in species descriptions. Mycottaxon 18, 443-455.

- Walker, C., Blaszkowski, J., Schüßler. A.. 2004. Gerdemannia gen. nov., a genus separated from Glomus. and Gerdemanniaceae fam. nov. a new family in the Glomeromycota. Mycological Research 108, 707-718.

- Walker, C., Schüßler, A., 2004. Nomenclatural clarifications and new taxa in the Glomeromycota. Mycological Research 108, in press.



(تم بحمد الله)

إلى اللقاء في الجزء الثالث



هذا هو الجزء الثاني من كتاب "شُعب الفطريات" والذي تركز فيه الإهتمام على شعب الميكروسبوريدات والكيتريدتوميكوتا والزيجوميكوتا والجلوميروميكوتا وذلك طبقاً لأحدث الإتجاهات التقسيمية للفطريات.

فبالإضافة لمفاتيح التقسيم المعتمدة على الصفات الشكلية للفطريات، فقد تركز إهتمامنا على التقسيم الفيللوجيني للفطريات وذلك طبقاً لمختلف الدراسات التي أجريت في هذا المجال.

لذلك، سوف يجد المهتمون بعلوم التقسيم بغيتهم في هذا الجزء.

وأخيراً.....نأمل أن يكون هذا الكتاب إضافة جيدة للمكتبة العربية.

والله ولىّ التوفيق،،،،،





مكتبة أوزيريس

٥٠ ش قصر النيل - القاهرة

ت/ ٢٣٩١١٤٨٩

e.mail: osiris@menanet.net